

33
Ley



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

“ESTUDIO ECOFISIOLÓGICO DE LA GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE Marrubium vulgare, Reseda luteola Y Salvia mexicana EN DIFERENTES MICROAMBIENTES”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

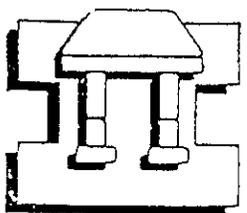
B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

SANDRA NAYELI GONZÁLEZ MATEOS

DIRECTORA DE TESIS:

M. en C. MA. ESTHER SÁNCHEZ CORONADO



IZTACALA

NOVIEMBRE, 1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

27 8516



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DR. FELIPE TIRADO SEGURA
DIRECTOR
P R E S E N T E .

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES IZTACALA
JEFATURA DE BIOLOGIA

Los Reyes Iztacala, 3 de marzo de 1999.

Atención Lic. América Landa Romero
Jefa de la Unidad de Administración Escolar

Los abajo firmantes miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de

(X) Tesis de Investigación

Tesis de experiencia profesional ()

Titulado "Estudio Ecofisiológico de la germinación y emergencia de
Arrubium vulgare, Reseda Iztacala y Salvia mexicana en difarantes
microambientes"

Registrado en la jefatura de carrera con fecha 17/III/99

Que presenta el (a) pasante de Biología Sandra Nayeli González Mateos

Para obtener el título de Biólogo (a)

Informan que después de haber revisado cuidadosamente el trabajo, considerando las características de calidad académica que se requieren para aspirar a la obtención del grado citado Acreditan el trabajo escrito y dan su Voto aprobatorio para la presentación del examen profesional correspondiente,

GRADO	NOMBRE	FIRMA	CARGO
M en C	Sergio González Moreno	<i>Sergio González</i>	Presidente
M en C Ab.	M ^{te} Esther Sánchez Coronado	<i>Esther Sánchez</i>	Vocal
Biol.	Hugo Barales Vela	<i>Hugo Barales</i>	Secretario
M en C	Alberto Arriaga Frios	<i>Alberto Arriaga</i>	Suplente
Biol.	Manuel Abudujano Piña	<i>Manuel Piña</i>	Suplente

Con base en lo anterior, solicito su autorización para que los profesores que otorgan el Voto aprobatorio funjan como SINODALES del Examen Profesional en el cargo anotado, y a la Administración Escolar, otorgue fecha para la Réplica Oral del trabajo presentado

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

M EN C SERGIO VACÁ PACHECO
Jefe de la Carrera de Biología.

VoBo Director del Plantel

Muy especialmente dedico esta tesis a mis sobrinos:

Andrés y Ricardo

*Espero que juntos sembremos
muchas semillas más,
para que podamos florecer lugares
llenos de alegría .
Gracias, por la luz y la esperanza.*

... SALIÓ EL SEMBRADOR A SEMBRAR.

Y según iba sembrando, parte de la semilla cayó en el camino; vinieron los pájaros y se la comieron. Otra parte cayó en terreno rocoso, donde apenas había tierra: brotó en seguida, porque la tierra no era profunda; pero luego que salió el sol, se quemó y se secó, porque no tenía raíces. Otra parte cayó entre espinos; crecieron los espinos y la ahogaron. Otra parte cayó en tierra buena y produjo cosecha como de ciento, de sesenta y de treinta por uno.

MATEO 13:3



☺ Creo que la parábola del sembrador no solo se trata de una metáfora más, si no es, sin duda alguna, parte de mi, de mi vida. Este trabajo de tesis muestra que para que una semilla germine, se requiere de muchos factores de esta manera no solo depende de su tamaño o las estructuras para su diseminación, si no también de los periodos de frío, de sol y de esos micrositios en los cuales se facilita o no la germinación y posterior establecimiento de una plántula. Así que para que este fruto que es mi tesis, pudiera lograrse requirió de diversas fases, sucesos, interacciones, de muchos factores determinantes y tal vez de otros eventos más casuales que causales que sin embargo forman parte de esta etapa de mi vida. Gracias a todos los que intervinieron en la realización de esta meta. Gracias por ser tierra fértil, por el agua de la ayuda, por iluminar mi día y sobre todo gracias por coexistir conmigo.

☺ En algún lugar leí que la semilla del amor es la que hace posible que las familias comunes sean extraordinarias, y creo que esa semilla y muchas más he encontrado en la mía. Gracias Mamá y Papá por su amor y acompañamiento a lo largo de la construcción de mi propio camino; gracias por enseñarme el amor al trabajo, el ser responsable, y su afición a la puntualidad. Gracias Chivis y Patty por su apoyo, su ejemplo, su sentido del humor y por seguir siendo la "comunidad". Gracias Abue por tus historias, por tantos consejos y por las risas. Gracias Andrés por compartir conmigo miles de sonrisas y travesuras. Gracias bebé Ricardo por el milagro de la vida. Gracias Ventura y Ricardo por los favores y atenciones a su cuñis. Gracias familia por ser cómplices de mis locuras, y por seguir siendo los González Mateos que tanto quiero, gracias por ser esa tierra firme y fértil a la cual pertenezco.

☺ A ti Salo gracias por coincidir conmigo en este camino de la vida, por las semillas y lunas compartidas ...

y porque irremediablemente siempre serás parte de mí.

GRACIAS A ...

- ☺ ... Esther, porque además de ser mi asesora de tesis y mi "jefa", siempre fuiste una amiga. Gracias por todo lo que me enseñaste, por ser tan optimista y por compartir conmigo tus ángeles.
- ☺ ... la Dra. Alma Orozco Segovia por haberme recibido en el Laboratorio de Ecofisiología e integrarme a su equipo de trabajo. Gracias por todo lo que me ha enseñado y por las revisiones a mi trabajo de tesis.
- ☺ ... los biólogos Sergio González, Hugo Perales, Alberto Arriaga y Manuel Mandujano por los comentarios y revisiones a mi trabajo de tesis.
- ☺ ... Paty, Leo, Julio, Esther, Mario, César, Miguel, Salo, Maritza, Jaina y Alfredo por ayudarme en los días de siembra, realmente no se que hubiera hecho sin ustedes mis amigos dispersores de semillas.
- ☺ ... todos los amigos que conocí en el Lab. de Ecofisiología del Instituto de Ecología, UNAM. Gracias por compartir conmigo ese trabajo diario que es la investigación científica. Además gracias por las charlas y por los festejos con gelatinas prohibidas.
- ☺ ... todos los ENEPI'S por sus amistad y por tantas experiencias compartidas.
- ☺ ... los Biólogos Enrique Morales, Maria Eugenia Garín, Irma Corta, Jose Luis Gama por enseñarme que ser un Biólogo es más allá de los 100% de créditos.
- ☺ ... la comunidad Vallarta por enseñarme el valor de educar y por darme la oportunidad de aprender, compartir y experimentar nuevos retos.
- ☺ ... Xochitla por ser otra esfera donde mi trabajo florece.
- ☺ ... el Programa Fundación UNAM de iniciación temprana a la Investigación y a la Docencia, por el financiamiento otorgado.
- ☺ ... el Proyecto CONACYT GO11/N9607 "Restauración ecológica, establecimiento y nutrición en plantas", por el financiamiento otorgado.

	<i>página</i>
RESUMEN	<i>I</i>
LISTA DE ABREVIATURAS	<i>II</i>
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. LA SEMILLA	4
2.2. DISPERSIÓN	9
2.3. BANCO DE SEMILLAS	9
2.4. LATENCIA	10
2.5. GERMINACIÓN	12
2.6 EMERGENCIA	16
3. MATERIAL Y METODO	
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	18
3.2. SITIO DE COLECTA	23
3.2.1. Colecta de semillas	24
3.3. PREPARATIVOS CON LAS ESPECIES	25
3.3.1. Prueba de flotación	25
3.3.2. Tamaño de semilla	25
3.3.3. Pruebas de capacidad germinativa	25
3.4. SIEMBRA Y MONTAJE DE EXPERIMENTOS	26
3.4.1. Diseño experimental	26
3.4.2. Montaje fase de germinación	27
3.4.3. Montaje fase de emergencia	29
3.5. PRUEBAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	30
3.6. ANALISIS DE DATOS	31
4. RESULTADOS	
4.1. TAMAÑO DE SEMILLA	32
4.2. CAPACIDAD GERMINATIVA	32
4.3. TEMPERATURA	34
4.4. PRUEBAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	34
4.5. FASE GERMINACIÓN	36
4.5.1. Inicio de la germinación	36
4.5.2. Germinación máxima	40
4.5.3. Tasa máxima de germinación	43
4.5.4. Resumen de la fase de germinación	45
4.6. FASE EMERGENCIA	52
4.6.1. Inicio de emergencia	52
4.6.2. Emergencia máxima	55
4.6.3. Tasa máxima de emergencia	58
4.6.4. Resumen de la fase de emergencia	61
5. DISCUSION	66
6. CONCLUSIONES	74
7. BIBLIOGRAFIA	76
8. ANEXO (TABLAS ANALISIS ESTADISTICO)	85

La distribución y abundancia de algunas herbáceas puede estar determinada, por la capacidad de sus semillas para germinar, emerger y establecerse. Estos procesos están regulados tanto por factores ambientales como por características intrínsecas de las semillas. El tamaño de semilla suele traducirse en la capacidad de las plántulas para sobrevivir en ciertos ambientes. Considerando que *Marrubium vulgare* (0.866 mg), *Reseda luteola* (0.196 mg) y *Salvia mexicana* (1.382 mg) son especies que difieren en su tamaño de semilla y en su distribución espacial, se evaluó la germinación y emergencia en 4 tipos de sustrato, 4 profundidades de siembra y 2 condiciones de humedad. Los análisis de varianza indicaron que las etapas de germinación y emergencia de *M. vulgare* no fueron afectadas por la profundidad y sí por el sustrato y condición de humedad. *R. luteola* germinó indistintamente del sustrato y profundidad; su emergencia fue determinada por los tres factores. La germinación de *S. mexicana* fue menor del 50% y los tres factores influyeron en este comportamiento; sin embargo la emergencia de sus plántulas solamente se ve restringida a las condiciones de humedad. El tamaño de semilla por si solo no aseguró una germinación alta y/o un establecimiento óptimo de las plántulas. Los factores microambientales como el tipo de suelo y la humedad pueden ser determinantes para que se exprese la respuesta germinativa, de emergencia y el subsecuente establecimiento. La emergencia máxima de las especies se incrementó en los sustratos arena y arena-tezontle, así como en las menores profundidades. La condición de humedad constante favorece la emergencia de plántulas.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA Y/O SIMBOLO	SIGNIFICADO
s1	Arena
s2	Mezcla: Arena 50% y Tezontle 50%
s3	Tezontle
s4	Suelo o Tierra negra
0.2 *	Profundidad de enterramiento de 0.2 cm
0.5 •	Profundidad de enterramiento de 0.5 cm
1.0 □	Profundidad de enterramiento de 1.0 cm
2.0 ▸	Profundidad de enterramiento de 2.0cm
PH	Tratamientos con pérdida de humedad
HC	Tratamientos con humedad constante
CS	Condiciones Casa de Sombra
LB	Condiciones controladas 25°C y 12 h luz/obscuridad
L	Condiciones de luz
O	Condiciones de obscuridad

1. INTRODUCCIÓN

La distribución y abundancia de algunas especies puede estar determinada entre otros aspectos por el número de semillas capaces de germinar, emerger y posteriormente establecerse en ciertos ambientes (Grime, 1982; Gross, 1984). De esta manera cada comunidad vegetal presenta mecanismos de germinación característicos que responden al efecto de las condiciones ambientales predominantes sobre la fisiología de las semillas (Chambers y MacMahon, 1994). Para bosques templados, la diseminación de las semillas puede ocurrir en otoño, así que éstas deben sobrevivir latentes en el suelo hasta la primavera siguiente, cuando las condiciones de temperatura son adecuadas para su establecimiento. Si los frutos maduran en invierno o al inicio de la primavera, y las semillas son diseminadas en esta época o al principio del verano, la germinación suele ser inmediata por lo que la planta aprovecha toda la estación de crecimiento, alcanzando un desarrollo que le permite sobrevivir al invierno siguiente (Vázquez-Yanes, *et al.* 1997).

El proceso de germinación está regulado tanto por factores ambientales como por características inherentes a las semillas (Allen y Meyer, 1998). Entre las condiciones ambientales más importantes se encuentran las variaciones climáticas de temperatura y humedad, así como las variaciones microclimáticas derivadas de aspectos fisiográficos, como la estructura y porosidad del sustrato, la calidad espectral de la luz determinada por la profundidad de enterramiento de la semilla, y el termoperíodo (Fenner, 1985).

Además, algunas características de las semillas como su tamaño y su forma han sido relacionadas con su dispersión (Chambers y MacMahon, 1994; González, 1995; Baskin y Baskin, 1998), depredación, germinación así como con la emergencia y el vigor de las plántulas resultantes (Thompson, K., *et al.* 1993; Hendrix, S. D., *et al.* 1991). El tamaño de las semillas varía ampliamente entre las especies debido a que la cantidad de energía disponible para producirlas suele traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un número menor de semillas grandes (Smith, 1974; Grime, 1982; Hendrix, *et al.* 1991; Westoby, *et al.* 1992; Kelly, 1995). De esta

manera el tamaño y el número de las semillas producidas por la planta progenitora afectarán la sobrevivencia y perpetuación de las especies (Westoby, *et al.*, 1992).

El entender de una manera integral el proceso de establecimiento de las especies vegetales ha motivado diversas investigaciones en las que se incluyen factores determinantes como la profundidad de siembra, la cantidad de luz que reciben las semillas (Martínez, *et al.* 1992) y la persistencia de estas en el suelo de acuerdo con su tamaño y forma (Thompson, *et al.* 1993).

El presente proyecto se consideró el análisis experimental del efecto de diferentes microambientes en las etapas iniciales del desarrollo de tres especies con tamaños de semillas contrastantes y que presentan una distribución diferencial dentro de la misma comunidad vegetal al sur de la Ciudad de México.

1.1. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la respuesta germinativa y de emergencia de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* mediante la manipulación experimental de microambientes determinados por la combinación de distintos sustratos, profundidades de enterramiento y condiciones de disponibilidad de agua, lo que permitirá inferir las condiciones microambientales que favorecen las etapas más tempranas del establecimiento de estas especies.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el periodo de inicio de la germinación, la germinación máxima y la tasa de germinación de las semillas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* como respuesta al tipo de sustrato, profundidad de enterramiento y disponibilidad de agua.
- Evaluar el periodo de inicio de la emergencia, emergencia máxima y tasa de emergencia de las plántulas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* como respuesta al tipo de sustrato, profundidad de enterramiento y disponibilidad de agua.
- Identificar si existe una correlación entre el tamaño de semilla, la germinación y la emergencia de plántulas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana*.

2. ANTECEDENTES

Tradicionalmente los ecólogos vegetales han enfocado su trabajo desde perspectivas diferentes: la sinecología que es el estudio de los grupos de organismos respecto de su medio ambiente (ecología de poblaciones, comunidades y de ecosistemas) y la autoecología (ecología fisiológica) (Krebs, 1985). En este último enfoque, el comportamiento y las interacciones de los individuos en y con su hábitat involucran la investigación de las características de los procesos funcionales que determinan la respuesta de los individuos a las diferentes condiciones ambientales. De esta manera nos introducimos en aspectos de fisiología ecológica de las plantas (Salisbury y Ross, 1992), fisiología de campo (Margalef, 1973) o ecofisiología, cuyo objetivo no es el estudio de los procesos fisiológicos *per se*, sino de la significancia ecológica que estos tienen en las respuestas de los organismos como un todo frente a la influencia del ambiente (Medina, 1977; Block y Vannier, 1994; Larcher, 1995). En este sentido, Vázquez-Yanes (1992) comenta que la ecofisiología "extiende los límites de la ecología más allá de la descripción verbal y numérica de la distribución de las plantas en la naturaleza y del complejo de factores ambientales que pueden afectarlas, ampliándose hacia el análisis de sus funciones fisiológicas para buscar aquellas que sean factores causales de esa distribución".

Como parte del estudio ecofisiológico de las plantas es necesario intensificar la investigación de las semillas, sus respuestas fisiológicas, sus mecanismos de latencia y germinación (Paz y Vázquez-Yanes, 1998), su longevidad ecológica y potencial y su posible uso para la propagación y conservación de las plantas (Vázquez-Yanes, 1992).

De acuerdo con Chambers y MacMahon (1994) para entender el establecimiento y distribución de las especies vegetales es necesario comprender que "un día en la vida de una semilla" involucra un estudio amplio no solo de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las semillas, si no también de los diversos factores abióticos que operan en su dispersión, localización de micrositios, formación e incorporación al banco de semillas, latencia, germinación, emergencia de las plántulas y posteriormente su establecimiento (Leck, *et al*., 1989; Baskin y

Baskin, 1998) (Fig. 1). De esta manera un simple hecho como la orientación de la diáspora en o sobre el suelo influye posteriormente en la germinación y a su vez su localización en un micrositio determinado, puede influir en el establecimiento de las plántulas (Peart 1984).

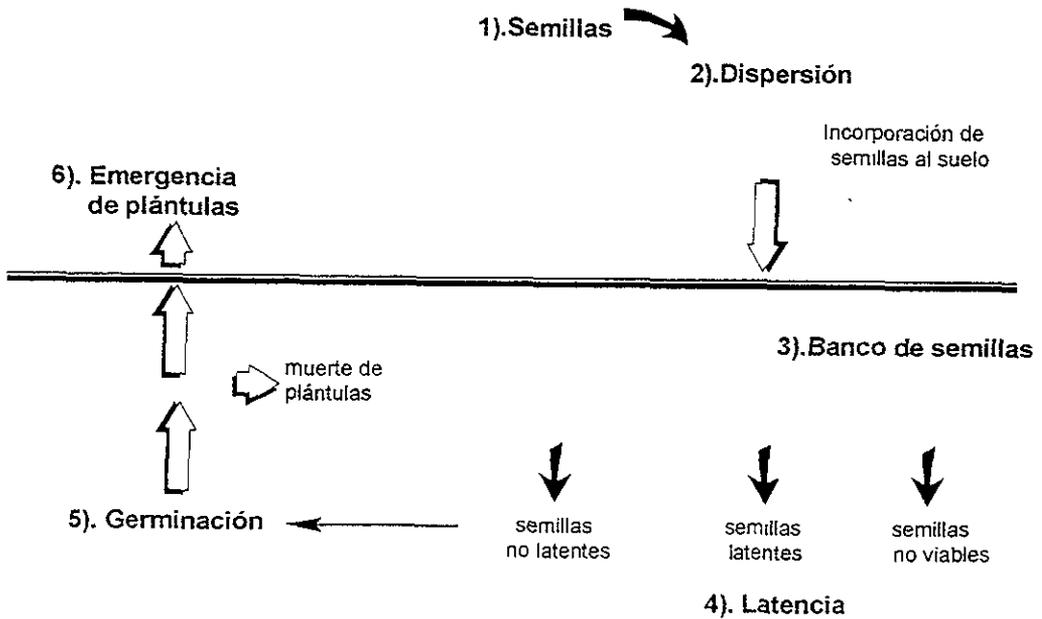


Fig. 1. ¿Qué les sucede a las semillas después de ser liberadas?. Etapas iniciales en el establecimiento de las plantas (dispersión, formación del banco de semillas, latencia, germinación y emergencia). (Modificado de Baskin y Baskin, 1998).

2.1. LA SEMILLA

Las semillas son las unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedentes del desarrollo de los óvulos de sus flores. Generalmente están compuestas por tres partes fundamentales que son: el embrión, las reservas nutritivas o endospermo y una capa protectora conocida como testa (Boesewinkel y Bouman, 1984; Bewley y Black, 1985).

La semilla desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las plantas, la regeneración de las comunidades vegetales así como en la sucesión ecológica (Chambers y MacMahon, 1994, Baskin y Baskin, 1998). Por lo tanto es un recurso importante para el manejo agrícola y silvícola, la reforestación, la conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de especies valiosas sobre explotadas (Vázquez-Yanes, et al., 1997).

Diversos estudios (Salisbury, 1942; Harper, et al., 1970; Marshall, 1986; Hendrix, et al., 1991) han señalado que el tamaño de las semillas es una característica morfológica muy importante en la historia de vida de las plantas, la importancia de esta variación en la biomasa de las semillas es determinante en el proceso de dispersión y reclutamiento de las poblaciones vegetales, variando de forma muy amplia entre diferentes especies (e incluso dentro de las especies) a pesar de que se trata de un órgano vegetal cuyo origen ontogénético es constante y que tiene una función bien definida (Vázquez-Yanes, et al., 1997). Existen aproximadamente 11 órdenes de magnitud de diferencia entre las semillas más pequeñas, como las provenientes de orquídeas (0.1 mg), y las más grandes como sería el caso de los cocos de las palmas del Pacífico (10 kg.) (Harper, et al., 1970; Kelly, 1995).

Los recursos de una planta para producir semillas son limitados lo que representa un compromiso en la asignación de cierta cantidad de energía disponible para producirlas, que puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un número menor de semillas grandes (Smith y Fretwell, 1974; Harper, 1977; Westoby, et al., 1992; Vázquez, et al., 1997). Algunas investigaciones acerca de los efectos de la variación intraespecífica en la biomasa de las semillas sobre su germinación y crecimiento de las plántulas demuestran que las semillas grandes tienen ciertas ventajas sobre las semillas pequeñas (Hendrix, et al., 1991). Por ejemplo las semillas grandes presentan mayores porcentajes de germinación (Black, 1959; Weis, 1982), su emergencia es más rápida y mayor cuando fueron sembradas en profundidades de enterramiento mayores (Black, 1956; Harper y Obeid, 1967; Wulff, 1986; Weller, 1989), y son menos estrictas en sus requerimientos para su emergencia con respecto a la cubierta vegetal (Winn, 1985) Además, sus plántulas

poseen una mayor superficie radical y foliar, que les permite capturar una mayor cantidad de recursos que les facilita sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de energía luminosa y nutrimentos, por ejemplo en la sombra de los bosques (Foster y Janson, 1985; Foster, 1986; Hendrix, *et al.*, 1991).

Por su parte, las semillas pequeñas son diseminadas más ampliamente (Jackson, 1981; Howe y Richter, 1982) y tienen mayores oportunidades de encontrar un micrositio favorable para germinar y crecer (Hendrix, *et al.*, 1991). Sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento inicial de la nueva planta y ésta dependerá muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo que su riesgo de morir es muy alto. También tienen menor resistencia a los efectos de la defoliación por herbívoros y pueden ser aplastadas por la hojarasca que cae al suelo. Aunque esto se compensa de alguna manera por el gran número, sólo una pequeña fracción sobrevive a todos estos accidentes (Westoby, *et al.*, 1992; Chambers y MacMahon, 1994; Vázquez-Yanes, *et al.*, 1997).

2.1.1. Clasificación de las semillas en relación con sus contenidos de humedad

Las semillas son liberadas al ambiente con diferentes contenidos de humedad, tasas metabólicas y variedad de mecanismos de latencia, lo que puede determinar su longevidad y su germinación tanto en condiciones naturales como en condiciones artificiales de almacenamiento (Vázquez Yanes, 1992a)

Se han definido categorías de semillas desde el punto de vista del contenido de humedad y su relación con el almacenamiento artificial, de esta manera Roberts (1973) clasificó a las semillas en dos grandes grupos: recalcitrantes y ortodoxas y recientemente se ha considerado una tercera categoría de comportamiento intermedio entre las anteriores (Ellis, *et al.*, 1990) A pesar de que esta clasificación generalmente esta vinculada con condiciones artificiales de almacenamiento es importante considerar las peculiaridades de las semillas de cada grupo relacionándolas con los ambientes a los que pertenecen

Las generalidades de los grupos pueden resumirse de la siguiente manera según Roberts (1973), Vázquez y Toledo (1989) y Ellis, *et. al.*, 1990:

a).- Semillas Ortodoxas. Especies vegetales que producen semillas cuya viabilidad se prolonga al disminuir su contenido de humedad y que pueden ser almacenadas a temperaturas bajas (Salisbury y Ross, 1992). Generalmente son semillas de talla pequeña, que se desprenden de la planta madre con un contenido generalmente menor del 20% sobre el peso húmedo. Cuando las semillas ortodoxas alcanzan bajos niveles de hidratación (menos del 5% sobre el peso húmedo), su resistencia a las bajas temperaturas se incrementa notablemente, de manera que es posible prolongar la viabilidad en almacenamientos bajo cero grados centígrados. Desde el punto de vista ecológico las semillas ortodoxas son características de aquellas especies para las que en el medio natural es importante su persistencia en el tiempo como factor de sobrevivencia. Así encontramos que predominan en especies con semillas ortodoxas las plantas anuales y aquellas que se distribuyen en regiones con estación seca marcada así como la mayoría de las plantas cultivadas más importantes. En ambientes húmedos las encontramos entre las plantas oportunistas de hábito herbáceo y arbustivo y en pocos árboles (Vázquez y Toledo, 1989; Ellis, *et al.*, 1990). La germinación puede tener lugar en terrenos desnudos bajo amplias fluctuaciones cotidianas de temperatura. Estas semillas por ser pequeñas, pueden absorber agua más fácilmente aún cuando la humedad relativa de la atmósfera, sobre el suelo desnudo, disminuya con el calentamiento diurno (Vázquez y Toledo, 1989).

b).- Recalcitrantes. Los propágulos tienden a ser grandes y son liberados con un alto contenido de humedad que llega a representar más del 50% del peso húmedo de la semilla. Generalmente son semillas viables de unos meses a menos de un año. En relación con su almacenamiento, es imposible descender el contenido de humedad por debajo del 20% sin causarles daños irreversibles. En este tipo de semillas su actividad metabólica se mantiene constante, por lo que su requerimiento

de oxígeno es elevado y mueren al carecer de ventilación adecuada (King y Roberts, 1979; Chin y Roberts, 1980; Ellis, *et al.*, 1990). Además no toleran temperaturas frías y/o de congelación por lo tanto son semillas difíciles de almacenar por algún tiempo en condiciones artificiales y también son problemáticas para su manejo y para su siembra (Vázquez, *et al.*, 1997). La latencia es de naturaleza más efímera y menos profunda que en las semillas ortodoxas y en muchos casos no se puede considerar que la presenten pues las semillas tienden a germinar muy rápidamente al diseminarse (Vázquez y Toledo, 1989; Salisbury y Ross, 1992). Se presentan principalmente entre las plantas leñosas de ambientes húmedos, son frecuentes en los árboles de bosques templados caducifolios y en especies de la selva tropical húmeda

Desde el punto de vista del establecimiento en el medio natural, de acuerdo con Vázquez, *et al.* (1997) mencionan que existe diferencia en el tipo de ambiente en que las semillas recalcitrantes tienden a germinar y establecerse en forma óptima, con respecto a lo que se ha visto para las ortodoxas; las semillas recalcitrantes se hidratan mejor en el suelo que se encuentra protegido por la vegetación ya establecida, que modera las fluctuaciones cotidianas de temperatura y humedad; en cambio, en suelos desnudos frecuentemente sufren daños que impiden la germinación o el establecimiento de las plántulas. De esta manera, su sobrevivencia en el campo, sobre la superficie del suelo, es frecuentemente impredecible porque depende del balance entre la ganancia de agua del suelo y la cantidad de esta pérdida por transpiración, de acuerdo con los niveles de humedad atmosférica y calor que prevalezcan durante su diseminación.

c).- Intermedias. Son semillas que muestran algunas características de las semillas ortodoxas, pueden ser deshidratadas parcialmente y sometidas a bajas temperaturas, pero contenidos de humedad menores al 10% y temperaturas cercanas a 0°C tienen efectos deletéreos sobre su sobrevivencia (Ellis, *et al.*, 1990).

2.2. DISPERSIÓN

El transporte de semillas (o frutos) lejos de la planta madre es un mecanismo conocido como dispersión. Este puede realizarse por diferentes agentes dispersores (aire, agua, animales, hombre) (Harper, 1977; González, 1995, Leck, *et al.*, 1989). De esta manera la dispersión generalmente puede llevarse a cabo en dos fases: 1) la dispersión desde la planta progenitora al suelo y 2) el subsecuente movimiento horizontal o vertical de la semilla en el sustrato (Peart, 1984; Chambers y MacMahon, 1994). Algunas semillas presentan adaptaciones morfológicas especiales como las cubiertas adhesivas, ganchos o apéndices plumosos, que amplían el alcance de su dispersión. La distribución espacial de las semillas (horizontal y verticalmente) no solo es afectada por sus características inherentes, sino también y en gran medida por factores ambientales como el viento, la gravedad, lluvia, variaciones del microrelieve y del enterramiento y acarreo de las semillas por algunos animales (Chambers y MacMahon, 1994; Baskin y Baskin, 1998). En sentido vertical, el tamaño de las partículas del suelo, tipo, cantidad de material coloide y estructura así como el movimiento del agua influirán también en la profundidad del enterramiento. En partículas grandes del suelo tanto semillas grandes como pequeñas pueden depositarse a diversas profundidades, pero estas últimas tienden a alcanzar distancias mayores (Chambers y MacMahon, 1994).

2.2. BANCO DE SEMILLAS

Todas las semillas viables presentes en el suelo, sobre él o asociado al mantillo u hojarasca constituirán el banco de semillas donde pueden permanecer enterradas durante algún tiempo, morir o germinar. Algunas investigaciones basadas en el banco de semillas demuestran la importancia de este para el reclutamiento, demografía de plantas y preservación de especies raras (Leck, *et al.*, 1989; Baskin y Baskin, 1998).

Si las semillas permanecen enterradas varios meses constituyen un banco de semillas transitorio y cuando su permanencia en el suelo es mayor a un año se

conforma un banco de semillas persistente (Thompson y Grime, 1979; Leck, *et al.*, 1989; Baskin y Baskin, 1998). La permanencia de las semillas en el suelo, su abundancia y su germinación pueden ser afectadas por la profundidad y duración del enterramiento (Leck, *et al.*, 1989).

De esta manera las características del entorno al cual llegan las semillas después de su dispersión, constituyen microhábitats que favorecen o no su germinación y la emergencia de sus plántulas (Ortíz, 1989). A los micrositios que ofrecen ciertas características para una óptima germinación y establecimiento se les denomina **sitios seguros** ("safe sites") (Harper, *et al.*, 1961; Harper, 1977; Fowler, 1988). Estos sitios son definidos como aquel entorno que le proporciona a las semillas seguridad contra depredadores o inundaciones en la época de lluvias, disponibilidad de humedad para iniciar su imbibición, condiciones de temperatura constante o fluctuante, intensidad de luz y/o composición espectral específica y nutrimentos que necesitará la plántula para su establecimiento (Winn, 1985; Washitani y Takenaka, 1986; Fowler, 1988).

La liberación de la semilla del banco es el resultado de su información genética y de sus respuestas fisiológicas a señales ambientales específicas como la luz, temperatura, agua, oxígeno, estímulos químicos, etc. que pueden inducir el proceso de germinación (Leck, *et al.*, 1989). En caso contrario, las semillas permanecerán latentes en el suelo.

2.4. LATENCIA

Es un estado de reposo o reducción del metabolismo de las semillas que puede deberse a la presencia de inhibidores químicos, la inmadurez del embrión o la presencia de una testa impermeable al agua y/o a los gases (Bewley y Black 1985; Reyes 1997; Allen y Meyer 1998). La latencia, desde un contexto ecológico, es un mecanismo que optimiza la germinación permitiendo que las semillas germinen solo cuando las plántulas resultantes tienen mayores probabilidades de establecerse y crecer (Harper, 1977, Begon, *et al.*, 1988, Bewley, 1997).

La mayoría de las semillas en plantas silvestres tienen mecanismos de latencia como resultado de la selección natural, que pueden ser eliminados en condiciones naturales mediante fluctuaciones de temperatura (estratificación), exposición a la luz, etc., permitiendo así la germinación de las semillas (Meyer, et al., 1989; Allen y Meyer, 1998)

2.4.1. Tipos de latencia

Con base en el comportamiento fisiológico en condiciones naturales, se han establecido tres tipos de latencia (Harper, 1957; Bewley y Black, 1985; Bewley, 1997; Allen y Meyer, 1998), los cuales se describen a continuación:

- **Latencia innata**

Desarrollo incompleto o inmadurez del embrión. Previene la germinación durante el desarrollo y maduración de la semilla en la planta madre y muchas veces después de la cosecha. Esta latencia puede deberse a que el embrión no se encuentra totalmente desarrollado, o a que tenga un desbalance hormonal. También puede deberse a la presencia de inhibidores en la testa o en el endospermo que reprimen el desarrollo inicial del embrión y que pueden ser lavados por las lluvias en condiciones naturales.

- **Latencia inducida**

También determinada como latencia secundaria, se desarrolla después de que la semilla se ha separado de la planta madre debido a que condiciones externas como la falta de agua, temperatura inapropiada y falta de oxígeno no son favorables para la germinación. Este tipo de latencia inducida es la responsable de la acumulación de grandes poblaciones de semillas en el suelo. Esta latencia se le rompe fácilmente en el momento de proporcionarle a las semillas las condiciones que requieren.

- **Latencia impuesta (exógena, ambiental u obligada)**

Este tipo de latencia se presenta en semillas que a pesar de estar aptas para germinar, incluso en condiciones adecuadas de humedad y temperatura media, la germinación se encuentra detenida como en el caso de semillas reguladas por luz.

2.5 GERMINACIÓN

Este proceso es la suma de eventos que inician con la imbibición de la semilla y terminan cuando la radícula (raíz embrionaria o en algunas semillas, cotiledones/hipocótilo) se alarga y emerge de la cubierta de la semilla (Bewley y Black, 1985; Salisbury y Ross, 1992). Generalmente se describe este proceso en tres etapas sucesivas, que se superponen parcialmente (Bradford, 1995; Bewley, 1997; Vázquez-Yanes, *et al.* 1997) (Fig. 2).

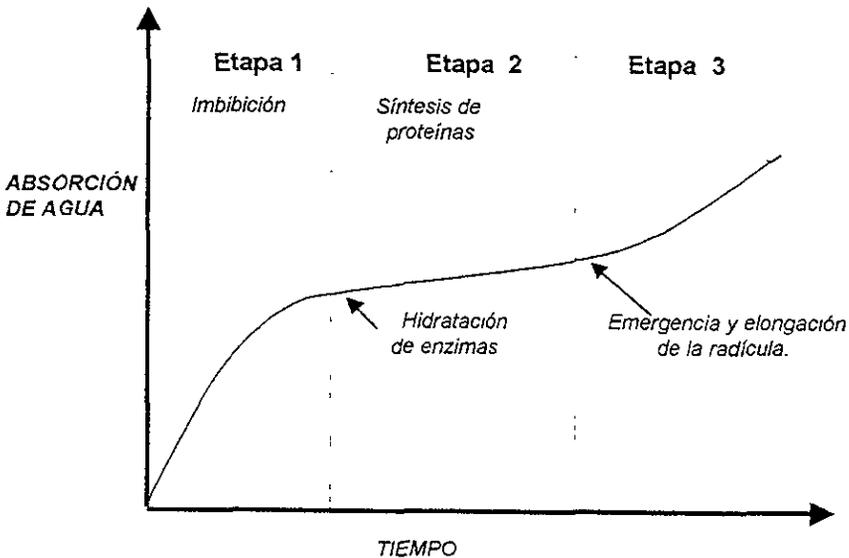


Fig. 2.- Etapas de la germinación. Las etapas que conducen a la emergencia de la radícula pueden diferir en el tiempo (horas o varias semanas), para las distintas especies y condiciones de germinación. (Modificado de Bewley, 1997).

1) *Imbibición.*

En esta fase el agua entra al embrión de manera pasiva e hidrata proteínas y otros coloides, causando el hinchamiento de la semilla y la ruptura final de la testa. Hay reparación de ADN y reanudación del metabolismo.

2) *Síntesis de proteínas.*

Esta etapa comprende importantes procesos metabólicos, existe reparación y síntesis de mitocondrias, se inicia la actividad enzimática, el metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimenticias en las regiones en crecimiento del embrión.

3) *Emergencia y elongación de la radícula.*

Debido al crecimiento y la división celular se provoca la elongación de las células de la radícula y posteriormente de la plúmula, síntesis de ADN y movilización de reservas. La primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula.

La germinación depende de una serie de factores tanto internos como externos. Entre los primeros está la latencia y la viabilidad de las semillas, los cuales están determinados genéticamente pero pueden ser modificados por factores ambientales. De esta manera las capas que cubren al embrión (el endospermo, la cubierta seminal y la cubierta del fruto) pueden interferir con la entrada del agua y del oxígeno (o ambas), impidiendo la salida de la radícula al actuar como una barrera mecánica (Bewley, 1997). Los factores externos o ambientales más importantes que afectan a la germinación son el agua, la luz y la temperatura (Black, 1970; Bewley y Black, 1985; Reyes, 1997; Allen y Meyer, 1998).

2.5.1. El agua en la germinación

Cuando llegan las semillas al suelo, el recurso clave para iniciar los cambios fisiológicos que conducen a la germinación es el agua, que resulta indispensable para activar el metabolismo y el crecimiento de las células vivas de los tejidos de las semillas. La cantidad de agua que absorbe una semilla y la velocidad a la que lo hace no sólo dependen de características inherentes a las semillas, como la permeabilidad de su testa, composición química de sus reservas, su tamaño y su contenido de humedad; sino también de las condiciones ambientales como la humedad del suelo, la humedad del aire y la temperatura (Bradford, 1995; Egle, 1995, Vázquez-Yanes, *et al.*, 1997; Hartmann y Kester, 1998;).

De esta manera la rapidez de hidratación está determinada por la diferencia de **potencial hídrico** entre la semilla y el suelo (o cualquier otro sustrato), la amplitud del contacto entre la semilla y el sustrato y de los obstáculos que existen entre la semilla y la entrada de agua (Leck, *et al.*, 1989). Dos propiedades del medio de germinación que afectan la disponibilidad de agua son el **potencial mátrico** y el **potencial osmótico** del suelo. **El potencial mátrico** es la capacidad del agua para moverse por capilaridad hasta la semilla a través de los poros del suelo. La tasa de movimiento depende: a) de la estructura porosa del medio de germinación (textura); b) de lo apretado del suelo y c) de la estrechez y la distribución del contacto entre suelo y semilla. **El potencial osmótico** depende de la presencia de solutos (sales) en la solución del suelo. Un exceso de sales solubles en el medio de germinación puede inhibir la germinación y reducir la población de plántulas (Hartmann y Kester, 1998)

En condiciones de campo se ha visto que la humedad del suelo necesaria para la germinación de las plantas está asociada en general con la variación del microrelieve y con los lugares o micrositos protegidos (Harper, *et al.*, 1965; Johnson y Fryer, 1992; Anderson y Winterton, 1996) por lo que las mejores condiciones para la germinación de las semillas de cactáceas y de otras plantas, se ha observado en sitios o depresiones sombreados donde la demanda evaporativa y temperaturas son

más bajas y consecuentemente donde la humedad del suelo es más adecuada (Bigwood y Inouye 1988; Silva, 1996).

La succión del agua en las semillas secas es bastante alta (50 MPa) de esta manera la absorberán en suelos que incluso presenten niveles de humedad por debajo del porcentaje de marchitez permanente (Hartmann y Kester, 1998). Sin embargo en condiciones favorables de suministro de agua, temperatura y permeabilidad de la testa, las semillas pueden absorber suficiente agua como para duplicar su peso e iniciar satisfactoriamente el proceso de germinación (Egley, 1995; Bradford, 1995).

De esta manera diversas investigaciones (Doneen y Mac Gillivray 1943; Harper, et al., 1970; Black, 1975; Bewley y Black, 1978; Anderson y Winterton, 1996) han sugerido que el tamaño de las semillas puede influir en la capacidad de absorber agua si la superficie de contacto entre el suelo y la semilla es reducida. Además se ha sugerido que semillas grandes, sobre todo las redondas, no podrán absorber suficiente agua del suelo para permitir la germinación, salvo que el suelo vuelva a humedecerse por lo menos una vez por la lluvia o por el riego.

2.5.2. El sustrato en la germinación

Para que el establecimiento de una especie dada sea exitoso se ha sugerido que el tipo de sustrato en el cual se depositan las semillas debe presentar características favorables tanto para la germinación como para el establecimiento de las plántulas (Witkamp, 1971; Chambers y MacMahon, 1994). Algunas de las más importantes son: 1) Retención de agua suficiente, 2) Proporcionar un medio adecuado para el desarrollo y soporte de las raíces, 3) Retención de aire para el intercambio gaseoso y 4) Retención de nutrimentos y aportación a la planta (Witkamp, 1971; Martínez, 1994).

El suelo es un factor importante para el crecimiento de las plantas, ya que además de considerarse como un recurso de agua y minerales, sirve como un medio de desarrollo del sistema de raíces, esenciales para la absorción y anclaje (Aguilera, 1989,). El suelo es un sistema complejo que consiste en proporciones variables de partículas de rocas y materia orgánica, conformado esencialmente por la

matriz sólida, la solución acuosa y el aire contenido en los poros. Además, usualmente contiene una población activa de bacterias, hongos, algas e insectos y pequeños animales que afectan directa o indirectamente las características del suelo, el crecimiento de raíces y la persistencia de las semillas (Johnson y Fryer, 1992; Thompson, *et. al.*, 1993). Algunas características del suelo como lo son la estructura y porosidad determinarán no solo los microsítios en los cuales se depositarán las semillas después de su dispersión si no también la atmósfera del suelo y la retención de humedad (Fitzpatrick, 1978; Wild, 1993).

2.6. EMERGENCIA

Otra fase importante en el establecimiento y distribución las especies es la emergencia de sus plántulas a través del suelo (Reader, 1991; Harper, 1977). La emergencia de las plántulas puede estar determinada por varios factores ambientales como la depredación de las semillas y la cubierta del suelo (Reader, 1991). Existen diversas investigaciones acerca de la emergencia de las plántulas, algunas de ellas como la de Winn (1985) señalan un efecto combinado entre el tamaño de la semilla y el microsítio, indicando que generalmente las semillas grandes muestran mayores porcentajes de emergencia (Grant, 1996). Por su parte Gross (1984), sugiere que no solo el tamaño de la semilla sino también la forma de crecimiento determinará la capacidad de las plántulas para emerger.

También en la fase de emergencia es de importancia el concepto de sitio seguro debido a que las variaciones en la microtopografía de la superficie del suelo generan la formación de microsítios potenciales para el depósito de las semillas y el posterior establecimiento. Estos microsítios varían en frecuencia tipo y tamaño y en las condiciones ambientales que ellos proveen. La selección de microsítios locales específicos para cada especie estará en función de las características morfológicas de las semillas (Peart, 1984).

De acuerdo con los antecedentes anteriores se pretendió conocer el comportamiento germinativo y la capacidad de emerger de las plántulas de *Marrubium vulgare*, *Reseda luteola* y *Salvia mexicana*. Estas especies, muestran una distribución diferencial y presentan características particulares de sus semillas

tales como su tamaño y su fisiología lo que sugiere que estas características, así como su interacción con algunos factores microambientales podrían afectar las etapas más tempranas de su desarrollo determinando así su establecimiento.

Dentro de este estudio se evaluó en las tres especies el efecto de distintos sustratos, profundidades de enterramiento y condiciones de humedad sobre el comportamiento germinativo de sus semillas y la emergencia de sus plántulas en condiciones experimentales, así como una posible relación con el tamaño específico de sus semillas.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Las tres especies con las que se realizó este estudio se localizan generalmente al sur del Valle de México (Rzedowski y Rzedowski, 1985). Sin embargo, difieren en su distribución en esta zona así como en su tamaño de semilla.

Marrubium vulgare (Fig.1), es una planta perenne, conocida en algunos lugares como "marrubio", "manrubio", "marrubio blanco" o "uitsicua". Se introdujo de Europa y está naturalizada en México como maleza ruderal, sobre todo en la Meseta Central. Generalmente se localiza a orillas de los caminos, campos de cultivo abandonados, terrenos baldíos y laderas áridas (Sánchez, 1968; Rzedowski y Rzedowski, 1985). Se caracteriza por presentar un tallo blanco lanoso, erguido y poco ramificado; puede llegar a medir de 30 a 80 cm de altura. Sus hojas son opuestas, ovaladas, con borde crenado y pubescencia lanosa sobre todo en el envés. En el haz las nervaduras son muy marcadas. Su inflorescencia esta agrupada en verticilios subglobosos con muchas flores blancas, su cáliz tubular veloso, con 10 dientes en forma de gancho. Florece de junio a septiembre y presenta mericarpios ovoides, pardos, finamente rugosos y de aproximadamente 2.5 mm de largo (Sánchez, 1968; Rzedowski y Rzedowski, 1985).

En lugares de cría de ovejas y cabras sus frutos se adhieren al pelaje de estos animales, presentando así el mecanismo de dispersión llamado zoocoria (Marzocca, 1979). En algunos lugares se utilizan las hojas del marrubio para sazonar comidas; además junto con el tallo e inflorescencias, se emplean para la elaboración de jarabes, cocimientos e inhalaciones para aliviar la tos y el resfrado. Los farmacólogos respaldan estos usos porque la planta tiene propiedades emolientes y probablemente también expectorantes además estimula el apetito y en dosis altas, actúa como sedante suave y laxante (Reader's Digest (editor), 1995).

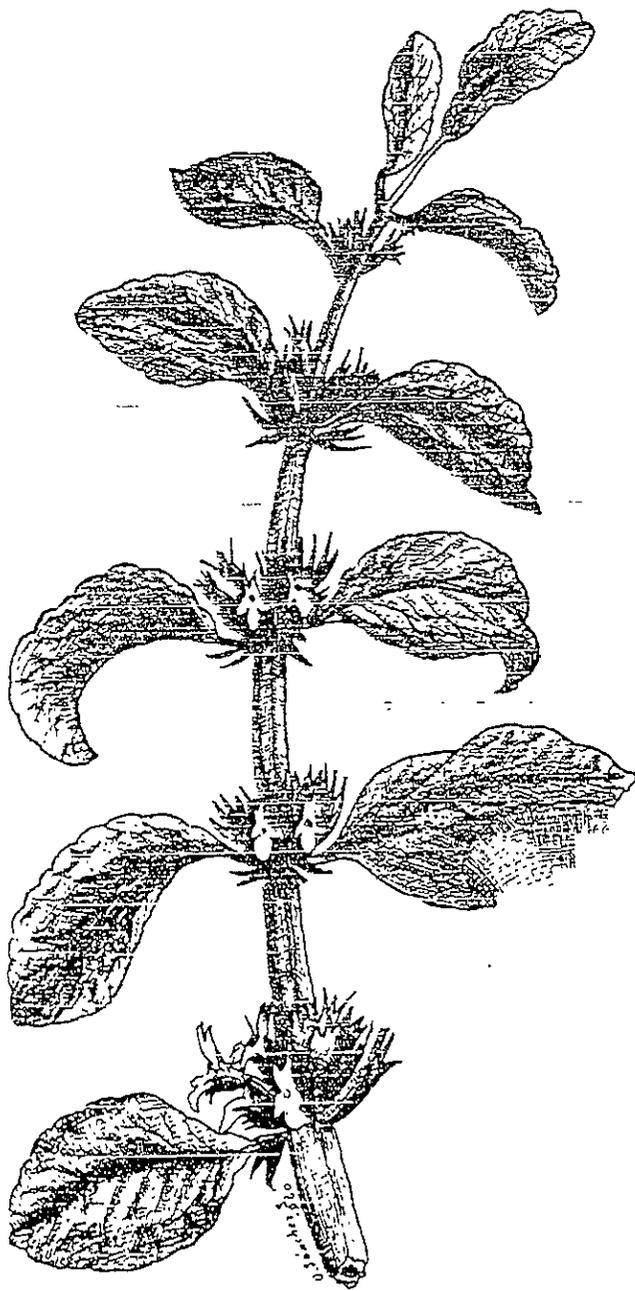


Fig. 1.- *Marrubium vulgare*
(Sánchez, 1976)

Reseda luteola (Fig.2), es una especie anual o bienal que recibe el nombre común de “gualda” o “gasparilla”. Su nombre proviene del latín “*resedare*” que significa calmar, ya que en la antigüedad se le atribuía propiedades sedantes (Villarias, 1979). Es originaria de Europa y se introdujo a México en la época colonial, con el propósito de obtener un pigmento amarillo-dorado (que se libera después de su cocimiento) utilizado como colorante. Su cultivo fue abandonado y esta especie se asilvestró con mucha facilidad. En la actualidad es una maleza ruderal y arvense muy difundida en el Valle de México (Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes,1993). Es una planta herbácea erecta de 40 a 80 cm de altura con su tallo simple o ramificado desde la base, sus hojas son lineares o lanceoladas, a veces onduladas y están dispuestas alternadamente. Sus flores son pequeñas, amarillentas, arregiadas en racimos largos hasta de 35 cm. Florece casi todo el año. Sus semillas miden 1 mm de largo, son globoso-reniformes, oscuras, lisas y brillantes (Rzedowski y Rzedowski 1985).

Salvia mexicana (Fig. 3), conocida también como mirto azul, es una planta herbácea perenne (o arbustiva) de origen mexicano. En el Valle de México se distribuye generalmente en pastizales, bosques de *Quercus* y *Pinus* y en lugares perturbados. Mide desde 50 cm hasta 3 m de alto. Su tallo es aplicado-blanco y tomentoso, presenta peciolos de 10 cm formando laminas foliares ovaladas de 6 a 18 cm de largo y de 2.5 a 12 cm de ancho a menudo acuminadas en el ápice, cuneadas, a veces anchamente y a menudo oblicuas en la base, densamente tomentosas en la juventud. Sus flores son azules y pilosas, floreciendo a partir de julio hasta septiembre (Rzedowski y Rzedowski,1985 y Sánchez,1968)



Fig. 2.- *Reseda luteola*
(Sánchez, 1976)

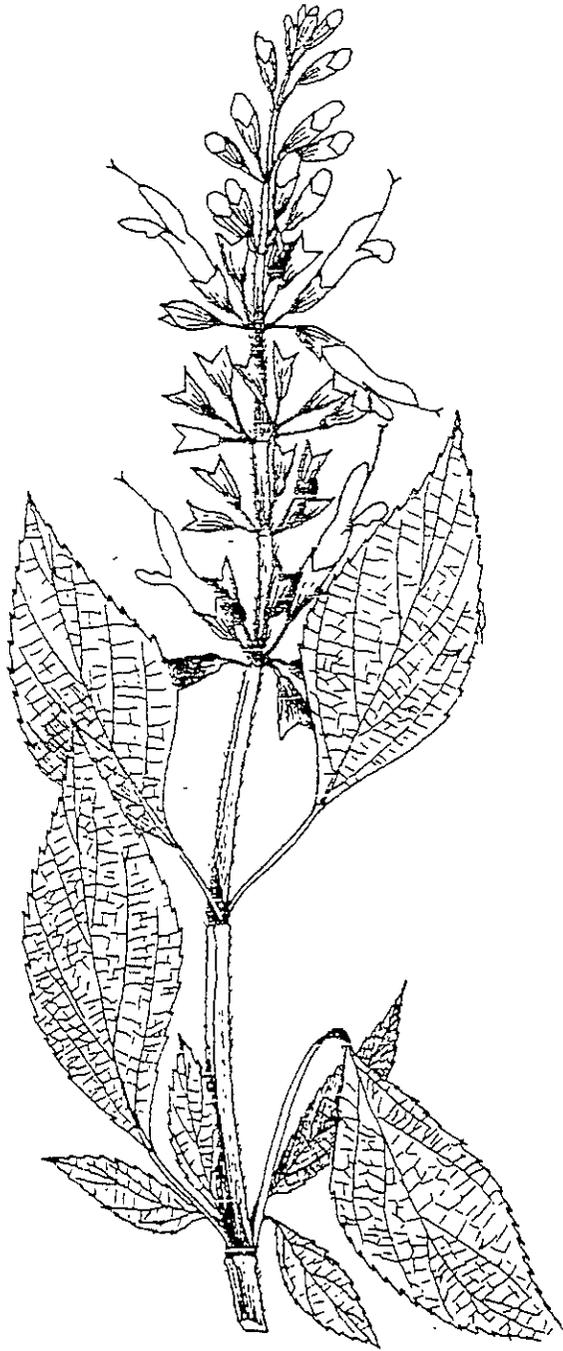


Fig. 3.- *Salvia mexicana*
(Sánchez, 1976)

3.2. SITIO DE COLECTA

Lomas del Seminario, Ajusco, D.F.

El Ajusco se encuentra ubicado al sur de la Ciudad de México, políticamente pertenece a la delegación de Tlalpan y forma parte de la Sierra del Chichinautzin, que constituye el límite sur de la Cuenca de México. El Ajusco ocupa una franja altitudinal que va de los 2 800 hasta los 3 937 m.s.n.m. (Benitez, 1986). La zona tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cb(w)), con una temperatura anual promedio de 15 °C, temperatura máxima extrema de 33 °C y temperatura mínima extrema de -8 °C (Reyes, 1997). Su precipitación promedio es alrededor de 1000 mm anuales que se concentra en los meses de mayo a octubre (Soberón, *et al.* 1991; Robledo, 1997).

La parte media de la serranía del Ajusco, conocida como el Ajusco Medio, forma parte de los pedregales del sur de la Ciudad de México, cuyo origen volcánico fue resultado de la erupción del volcán Xitle. El sustrato es heterogéneo por lo que se pueden encontrar suelos que difieren tanto en su color como en su estructura. Existen suelos de color café, con texturas livianas derivados de andesitas y también suelos de color negro o muy oscuro, originados a partir de cenizas volcánicas (Benitez, 1986). La profundidad de los suelos es muy variable, los hay desde muy someros en donde la roca madre puede aflorar, hasta muy profundos ricos en materia orgánica (Benitez, 1986, Robledo 1997). La fauna y vegetación son ricas y variadas debido a las pronunciadas pendientes, lo heterogéneo del sustrato y la cercanía a la parte sur de la Cuenca del Balsas (Martínez, 1995).

En esta zona, en las cercanías del sitio conocido como "Lomas del Seminario", en junio de 1989 fueron severamente afectadas 200 ha de vegetación natural (matorrales xerófilos y bosque de encino) debido a la invasión (y posterior desalojo) de predios por asentamientos humanos. Se expropiaron 728 ha en dicho lugar, creándose entonces el Parque ecológico de la Ciudad de México. Este lugar se encuentra ubicado entre los 19° 14' y 19° 18' latitud norte y 99° 15' y 99°10' de longitud oeste entre las cotas altitudinales de 2400 a 2800 m.s.n.m. El parque

constituye una zona importante de recarga de mantos acuíferos y un pulmón potencial para la ciudad de México (Soberón, et al. 1991; Martínez, 1995).

El Departamento del Distrito Federal y la UNAM firmaron un convenio para proceder a la restauración ecológica del lugar y a partir de este se han realizado diversos proyectos de investigación basados en 1) promover el establecimiento de una comunidad vegetal que represente el antecedente sucesional directo de la que existía antes de la perturbación y por lo tanto, permita reintroducir en el mediano plazo los elementos florísticos y faunísticos particulares de la zona y 2) implantar un programa de educación ambiental, para formar conciencia en la población local sobre la importancia de rescatar y mantener el ecosistema (Bonfil, et al. 1997).

Soberón y colaboradores (1991) realizaron un estudio preliminar de la zona en una superficie de 70 ha. En cuál además de reportar algunos datos cuantitativos referentes al suelo, estructura de la vegetación y la fauna característica, se propone el estudio de algunas especies que podrían ser importantes para la restauración como lo es el género *Salvia*. Este género es relevante por su abundancia y distribución ya que ocupa el cuarto lugar en abundancia y se distribuye básicamente en el borde del bosque o bosque abierto de encinos. Además, se incluye un listado de la gran cantidad de malezas que crecen en los lugares perturbados, considerándose a *R. luteola* como parte de estos ambientes, ocupando el 10° lugar de abundancia (Soberón, et al. 1991; Martínez, 1995; Bonfil, et al. 1997).

3.2.1. Colecta de semillas

Las semillas de *S. mexicana* y *R. luteola* se colectaron en diciembre de 1996 y enero de 1997 en Lomas de Seminario, Ajusco medio. Debido a la nula distribución de poblaciones de *M. vulgare* en la zona de colecta, esta se llevó a cabo en Tulyehualco, Xochimilco que es una localidad cercana situada también al sur del Valle de México con características climáticas similares. Para la obtención de semillas a partir de las inflorescencias o frutos colectados, se eliminó de la muestra el mayor porcentaje de hojas, ramas o inflorescencias secas con ayuda de algunas brochas y tamices de diferentes diámetros (tamiz No. 10 con malla de 2.0 mm de abertura, tamiz No. 18 con malla de 1.0 mm de abertura, tamiz del No 24 con malla

de 0.71 mm de abertura y tamiz del No. 35 con abertura de 0.50 mm). Las semillas se almacenaron en frascos de vidrio en un lugar seco y fresco dentro del Lab. de Ecología Fisiológica del Instituto de Ecología, UNAM.

3.3. PREPARATIVOS CON LAS ESPECIES

3.3.1. Prueba de Flotación

A las semillas colectadas de *M. vulgare* así como a las de *S. mexicana* se les realizó una prueba de flotación. Esta técnica permitió eliminar a las semillas vanas del resto del lote obtenido. Consiste en colocar las semillas en un recipiente con agua al que se le añade un poco de jabón, lo cual permite romper la tensión superficial, después se agita el recipiente vigorosamente y se deja reposar alrededor de 2 minutos para observar que ciertas semillas flotan y otras se precipitan. Las semillas vanas son las que se encuentran en el sobrenadante y las semillas que caen al fondo son aquellas que tienen mayores posibilidades de germinar, debido a que no presentan algún daño en su testa a causa de hongos o insectos, su endospermo está intacto y/o su estado de desarrollo es favorable (Vázquez, et al. 1997; Robledo, 1997; Reyes, 1997).

3.3.2. Tamaño de semilla

A las semillas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* se les estimó su tamaño promedio, con el objetivo de conocer las diferencias entre ellas además de inferir si el tamaño de semilla determinaba su respuesta en los diferentes tratamientos. Para ello se realizaron 5 lotes de 100 semillas cada uno, los cuales fueron pesados con una balanza semianalítica (OHAUS, modelo Brainweigh B300D).

3.3.3. Pruebas de capacidad germinativa

Algunos estudios preliminares acerca de la germinación de *R. luteola* sugieren cierta latencia en esta especie (Morán, 1999). Debido a ello se realizó un pretratamiento con sus semillas que consistió en un enterramiento y fluctuación de temperatura. Las semillas fueron colocadas en bolsas de tela de organza (de malla

pequeña) que a su vez se colocaron en bolsas de maila de nylon. Se enterraron en el jardín del Instituto de Ecología, UNAM. a una profundidad aproximada de 20 cm, permaneciendo así por un periodo de 30 días. Después de este tiempo se secaron y colocaron en un frasco para su posterior utilización.

Con el objetivo de conocer si las semillas presentaban latencia, así como la velocidad y porcentaje de germinación potencial, a las tres especies se les realizaron pruebas preliminares al montaje de los experimentos. Esto consistió en sembrar semillas en cajas de petri con agar al 1% y otras en agar más ácido giberélico en diferentes concentraciones (500 y 1000 ppm). Se sembraron 25 semillas por cada caja petri con tres réplicas para cada tratamiento. Posteriormente fueron colocadas en una cámara de ambiente controlado con temperatura constante de 25 °C y fotoperiodo 12 horas luz / oscuridad (Cámara ambiental Lab-line Instruments, Inc., Modelo 844, proveniente de Melrose Park, Illinois, U.S.A., provistas con lámparas fluorescentes de luz fría de 20 w). Esta prueba permitió estimar que el tiempo aproximado en el que pudo observarse la ruptura de testa y emergencia de radícula de *M. vulgare* fue después de 5 o 6 días de haberla sembrado, para *R. luteola* 3 o 4 días y *S. mexicana* 3 o 4 días. También a partir de estas pruebas se estimó que la adición de ácido giberélico a una concentración de 500 ppm favoreció la germinación de *M. vulgare*.

3.4. SIEMBRA Y MONTAJE DE EXPERIMENTOS

3.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental para evaluar la germinación y emergencia de las tres especies en diferentes microambientes presentó los siguientes factores y niveles: *I.- las especies: M. vulgare, R. luteola y S. mexicana; II.- tipos de sustrato:* arena sílica (s1), mezcla 1:1 arena sílica y tezontle (s2), tezontle (s3) y suelo o tierra negra (s4); *III.- profundidades de enterramiento:* 0.2, 0.5, 1.0 y 2.0 cm y *IV.- condiciones de disponibilidad de agua:* con pérdida de humedad (moldes descubiertos)(PH) y humedad constante (moldes cubiertos) (HC). Obteniéndose un

arreglo factorial de 3 x 4 x 4 x 2 con tres réplicas por tratamiento. El montaje de los experimentos fue completamente aleatorio.

Cada una de las fases experimentales (germinación y emergencia) se realizaron en una casa de sombra ubicada en las instalaciones del Instituto de Ecología, UNAM. A ésta se le colocó plástico transparente grueso tanto en el techo como en las paredes, evitando así la infiltración de la lluvia. El plástico se removió de los costados para controlar las condiciones de temperatura dentro de la casa de sombra. Dentro se colocaron 8 mesas metálicas para invernadero (65 x 135 cm) en las que se instalaron las macetas. En este lugar se instaló un ventilador que fue activado en los días más calurosos por 7 horas. Asimismo se hicieron registros correspondientes a la temperatura máxima y mínima durante el tiempo que duraron las fases experimentales.

3.4.2. Montaje de la fase de germinación

En esta fase se emplearon como macetas envases de plástico transparente de 10 cm de alto por 5 cm de diámetro. Estos se marcaron y etiquetaron individualmente indicando la especie, profundidad de enterramiento, el tipo de sustrato, la condición de humedad y el día de muestreo. Simultáneamente para cada una de las especies se elaboraron aproximadamente 750 paquetes de 25 semillas cada uno con la finalidad de optimizar la rapidez y la uniformidad en el momento de la siembra. Debido al número de unidades muestrales y a la disponibilidad de espacio dentro de la casa de sombra, el montaje de esta fase experimental se dividió en dos periodos de siembra. A) Marzo de 1997 para los sustratos arena (s1) y suelo (s4) y B) Abril del mismo año para el sustrato mezcla (s2) y Tezontle (S3).

En cada periodo se contó con testigos en condiciones controladas y en la casa de sombra. El primero se mantuvo en una cámara de ambiente controlado (anteriormente descrita) con una temperatura constante de 25 °C y un fotoperiodo de 12 horas luz/obscuridad. El otro lote se mantuvo en condiciones ambientales de la casa de sombra. En ambas condiciones se evaluó la respuesta germinativa tanto en condiciones de luz como en obscuridad, con la finalidad de estimar si las semillas presentaban fotoblastismo positivo o negativo y su posible efecto en la respuesta de

los tratamientos de acuerdo a la profundidad de enterramiento. Para el tratamiento de luz simplemente fueron colocadas las cajas de petri en los dos ambientes. El tratamiento de obscuridad requirió que las semillas fueran previamente sembradas en un cuarto iluminado con luz verde de seguridad (cuarto oscuro) y cubiertas con papel aluminio (Reyes,1997) antes de ser colocadas en los ambientes anteriormente descritos. En cada caso se sembraron 25 semillas por caja petri con agar al 1%, con tres réplicas respectivamente.

Los sustratos se regaron hasta su punto de saturación y posteriormente se añadieron a cada una de las macetas hasta la marca de profundidad correspondiente. Después se vaciaba el contenido de los paquetes de semillas y finalmente se llenó el resto de los envases con el sustrato correspondiente. Para la profundidad de 0.2 cm debido al tamaño de partícula de los sustratos, en especial s3, se colocaron los sustratos en forma de polvo, cubriendo someramente a las semillas.

Los envases que correspondieron a HC, se cubrieron con plástico transparente adherente y los de PH se mantuvieron descubiertos. A las semillas de *M. vulgare* se les roció con una solución de ácido giberélico a una concentración de 500 ppm antes de ser cubiertas por el sustrato, para homogeneizar su respuesta germinativa.

La obtención de datos se realizó por medio de un muestreo por eliminación en el tiempo, es decir, en cada muestreo se contó el número de semillas germinadas y/o plántulas por medio de muestras destructivas. Realizándose estas cada tercer día hasta completar 30 días, con tres réplicas por tratamiento obteniéndose 2034 unidades experimentales. Se consideró "semilla germinada" aquella en la cual se pudo observar testa rota, emergencia de radícula y/o presencia de la plántula (Vázquez y Orozco, 1992).

El conteo de semillas se realizó eliminando las partículas de los sustratos con la utilización de tamices de diferentes aberturas (descritos anteriormente), y con ayuda de una lámpara con lupa, con graduación de 3 dioptrias.

3.4.3. Montaje de la fase de emergencia

En el montaje de esta fase experimental se emplearon semillas ya germinadas con el objetivo de eliminar el efecto de la capacidad germinativa de cada una de las especies. Para cada una de las especies se prepararon charolas transparentes de plástico con agar al 1% en las cuales se sembraron 500 semillas aproximadamente. Las semillas se emplearon cuando se observó la ruptura de la testa y la emergencia de la radícula. Considerándose así el empleo de *M. vulgare* después de 5 o 6 días de haberla sembrado, para *R. Juteola* 3 o 4 días y *S. mexicana* 3 o 4 días.

Para la siembra, se utilizaron como macetas envases de plástico de 8 cm de alto por 12 cm de diámetro forrados con bolsas negras de plástico que evitaron la incidencia lateral de luz y a su vez el posible fototropismo hacia los lados del envase. A cada maceta se le colocó una etiqueta que indicó el tipo de sustrato, profundidad de enterramiento y condición de humedad correspondiente. A todos los lotes experimentales se les adicionó agua hasta su punto de saturación de acuerdo a su capacidad de retención de agua.

Las semillas fueron transplantedas a los envases de acuerdo a la profundidad correspondiente con ayuda de palitos de madera y espátulas, evitando lastimar la semilla. Las dos condiciones de humedad (HC y PH) se realizaron igual que en la fase de germinación. Durante un periodo de 40 días se realizaron registros del número de plántulas que emergieron a la superficie en cada una de las unidades muestrales.

Para la fase de emergencia se realizó un muestreo acumulativo, por lo que las mismas unidades muestrales fueron monitoreadas cada tres o cuatro días durante un periodo de 40 días, contando con tres réplicas por tratamiento obteniéndose 288 unidades experimentales

3.5. PRUEBAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y POROSIDAD

A cada uno de los sustratos se les realizó una prueba de retención de humedad así como de porosidad basada en el método utilizado por Martínez (1994), la cual consistió en:

- 1.- Medición del volumen exacto de agua que cabe en la maceta que se empleó (M1)
- 2.- Llenar con el sustrato deshidratado previamente
- 3.- Agregar lentamente agua a la maceta hasta el punto de saturación (M2)
- 4.- Calcular **porosidad total**:

$$\frac{\text{M2 volumen de agua usado hasta saturación}}{\text{M1 volumen de la maceta}} \times 100$$

- 5.- Perforar los orificios del drenaje y dejar que salga el exceso de agua durante 15' Medir el agua que drena (M3).
- 6.- Calcular la retención de agua y la porosidad libre

% Retención de humedad

$$\frac{\text{M2-M3}}{\text{M2}} \times 100$$

% Porosidad libre

$$100 - \% \text{ Retención de humedad}$$

3.6. ANALISIS DE DATOS

A los datos obtenidos de germinación y emergencia máximos y acumulados en el tiempo expresados en porcentaje, se les realizó una transformación a valores arcoseno para poder realizar los análisis estadísticos que requieren una distribución normal y homogeneidad de varianza.

A partir de un análisis de varianza multifactorial se estimó la diferencia significativa con respecto al tamaño de las semillas entre especies, además se identificaron los factores determinantes en el período de inicio de la germinación y emergencia así como en los porcentajes máximos de germinación y emergencia de cada una de las especies.

Para evaluar las tasas de germinación y emergencia, se realizó el ajuste de los datos acumulativos en el tiempo, de ambas fases para cada tratamiento y cada especie. El valor de la pendiente máxima promedio de la función ajustada se consideró como la tasa máxima de germinación o de emergencia.

Además la relación entre el tamaño de la semilla y la emergencia máxima se analizó mediante una correlación de Spearman (Zar, 1984). Todos los análisis de varianza se realizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS ver 5.0, con nivel de confianza del 95% y el rango de prueba LSD (mínima diferencia significativa), considerando si existían ($P \leq 0.05$) o no diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. Las figuras que muestran los resultados representan los valores promedio para cada tratamiento y las barras de error representan ± 2 veces el error estándar.

4. RESULTADOS

4.1. TAMAÑO DE SEMILLA

El tamaño de semilla difirió significativamente entre las tres especies ($F=999.99$, g.l.= 2,12 $P=0.0001$). *S. mexicana* es la especie con semilla más grande con un valor promedio de 1.3820 mg (± 0.017) continuando en orden decreciente *M. vulgare* (0.866 ± 0.034 mg) y *R. luteola* (0.196 ± 0.013 mg) (Fig. 4).

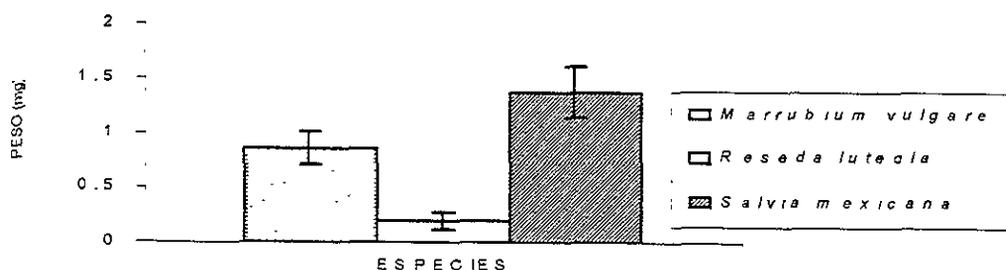


Fig 4.- Valor promedio del tamaño de las semillas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* (n=3 lotes de 100 semillas)

4.2. CAPACIDAD GERMINATIVA (EVALUADA EN LOS LOTES TESTIGOS).

La germinación de *M. vulgare* en los lotes testigos no presenta diferencias significativas entre las condiciones de siembra o los tratamiento de luz (Tabla 1). El valor promedio mayor se presentó en la casa de sombra, en condición de obscuridad con un 83 % mientras que en el laboratorio en condición de luz fue del 70% (Fig. 5a). Para *R. luteola* la germinación fue indistinta según la condición de siembra y la condición de luz (Tabla 2). Sin embargo existe una tendencia de incrementar su germinación en la casa de sombra y en condiciones de luz, obteniéndose un valor promedio del 82% (Fig. 5b). En *S. mexicana* los porcentajes de germinación en obscuridad fueron mayores del 36%, sin embargo cuando las semillas estuvieron expuestas a la luz tanto en condiciones de la casa de sombra así como en el laboratorio, aumentaron los porcentajes de germinación (Fig. 5c).

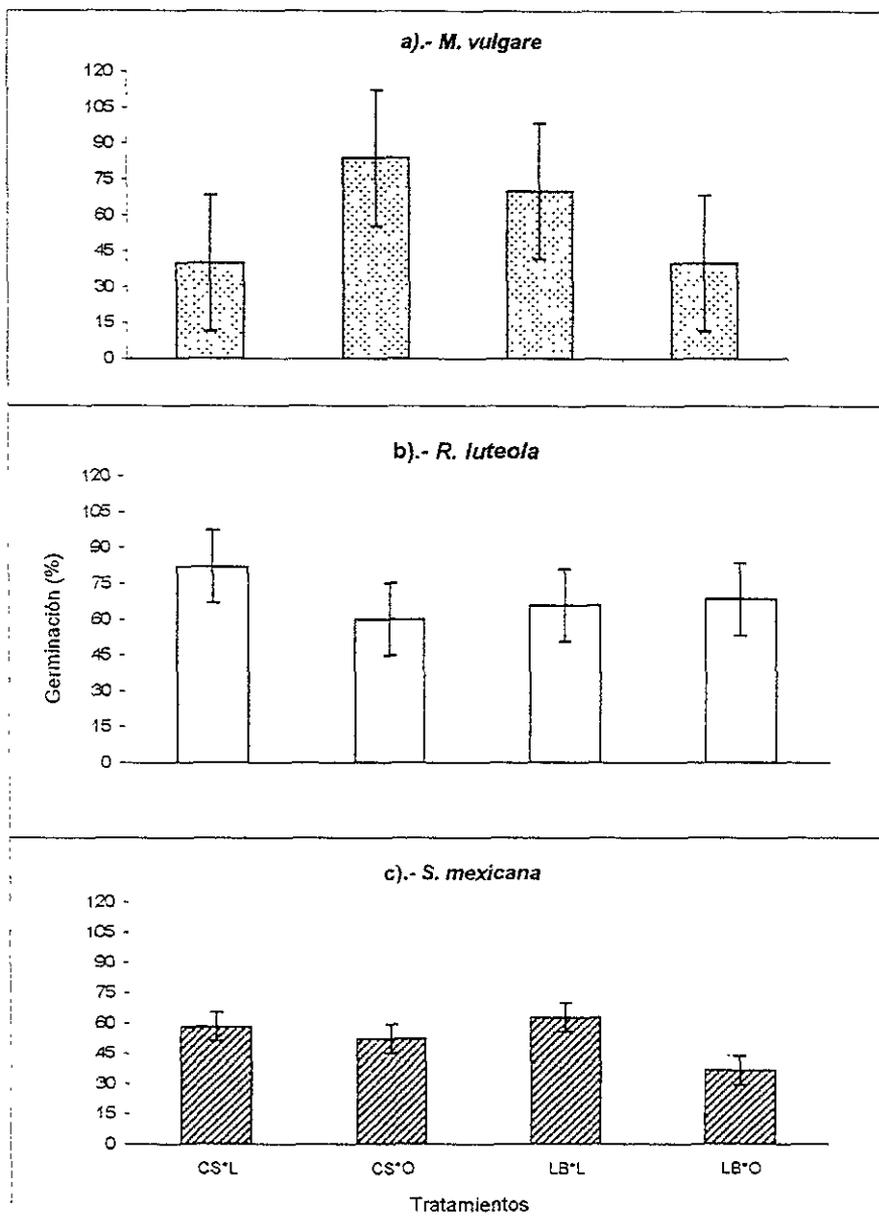
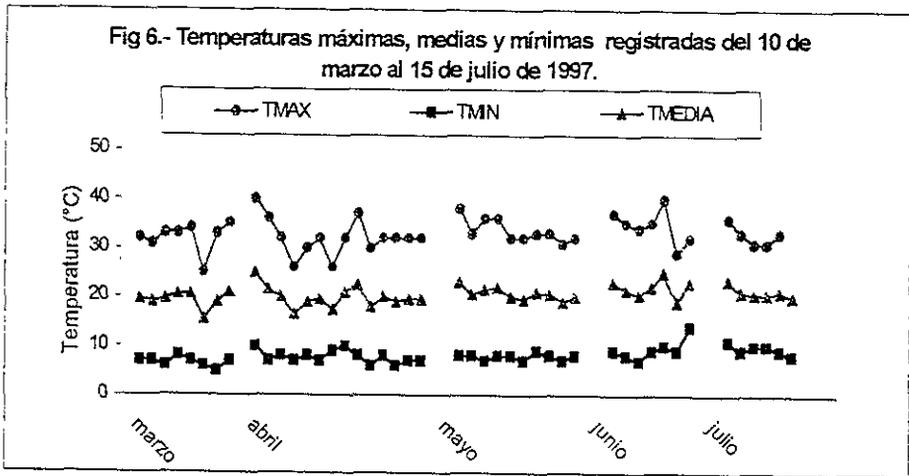


Fig. 5.- Capacidad germinativa de a) *M. vulgare*, b) *R. luteola* y c) *S. mexicana* en ambiente controlado y en la casa de sombra.

4.3. TEMPERATURA PROMEDIO DENTRO DE LA CASA DE SOMBRA

Los registros de temperatura realizados dentro de la casa de sombra durante el periodo del 10 de Marzo al 15 de Julio de 1997 (Fig. 6), indicaron las siguientes temperaturas promedio: temperatura máxima de 33°C ($\pm 4^{\circ}\text{C}$), temperatura media 20.5°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) y temperatura mínima de 8°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) .



4.4. PRUEBAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y POROSIDAD

Los resultados obtenidos indicaron que s4 (suelo) fue el sustrato con el mayor porcentaje de retención de humedad, mientras que s3 (tezontle) aquel en el cual solo el 30% del agua es retenido (Fig. 7a). Esto está estrechamente relacionado con la porosidad de los mismos (Fig. 7b). Cuando el suelo es muy poroso o arenoso, como en s1 y s3, el agua se percola y la retención de humedad en estos casos es muy baja (Fitzpatrick, 1978). Mientras tanto en suelos de tipo orgánico o de textura fina (s4) los espacios porosos son más pequeños y las partículas de las mismas pueden absorber más humedad, en consecuencia la retención de humedad aumenta pero el desplazamiento de la misma disminuye (Fitzpatrick, 1978; Wild, 1993)

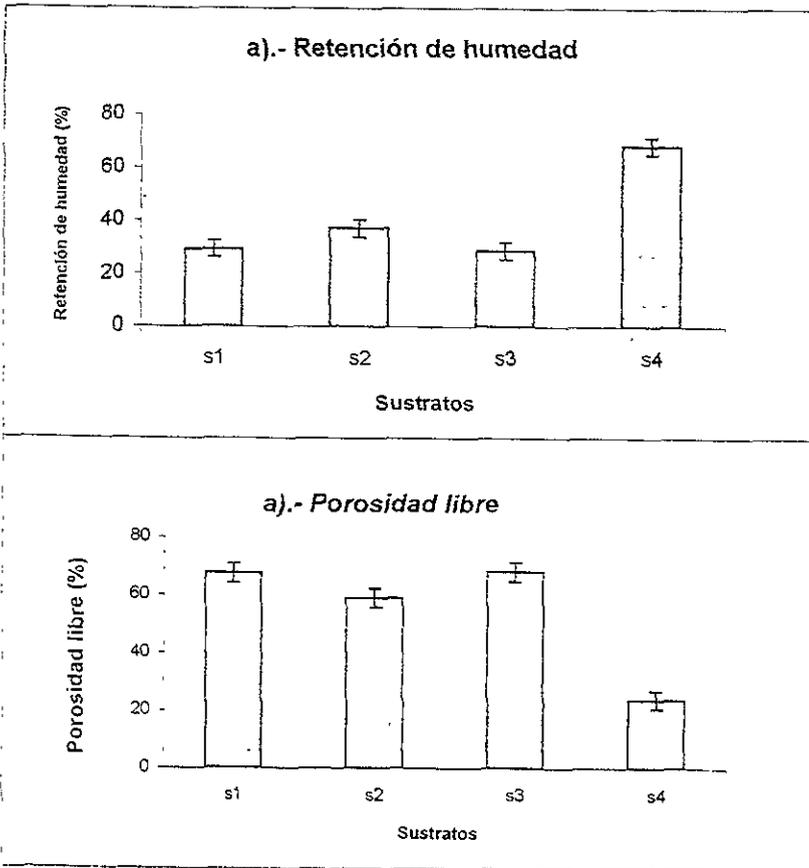


Fig 7.- Pruebas de a) Retención de humedad y b) Porosidad libre en los diferentes tipos de sustrato

4.5. FASE DE GERMINACIÓN

4.5.1. Tiempo de inicio de la germinación

El tiempo de inicio de la germinación de *M. vulgare* dependió del tipo de sustrato y de las condiciones de humedad y no de la profundidad de enterramiento. Además la interacción entre los tres factores también fue significativa (Tabla 4). El tipo de sustrato en el que más rápido comenzó a germinar esta especie fue s2 en un periodo promedio de 4 días, mientras que en s4 se retrasó la germinación hasta el día 14 (Fig. 8a). El inicio de la germinación en condiciones de humedad constante se presentó en un periodo más corto con respecto al de pérdida de humedad (Fig. 8b).

Los factores que influyeron en el tiempo promedio de inicio de la germinación *R. luteola*, según el análisis estadístico, fueron el sustrato y la humedad de manera independiente. Además cuando existieron interacciones entre la profundidad de enterramiento con los otros dos factores (sustrato-humedad) éstas también mostraron diferencias significativas (Tabla 5). El tipo de sustrato que otorgó un periodo más corto en el inicio de la germinación fue s3 con un promedio de 5 días, y el que lo retardó más fue s4 con un periodo promedio de 9 días (Fig. 9a). El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre los tratamientos de humedad con respecto al tiempo de inicio de la germinación. De este modo en humedad constante la germinación inició más tempranamente (Fig. 9b).

Para *S. mexicana* los factores que influyeron en el inicio de su germinación fueron: el tipo de sustrato y las condiciones de humedad, así como la interacción entre estos y la combinación entre los tres factores (sustrato-profundidad-humedad) (Tabla 6). En s3 se inició la germinación de esta especie en 6 días mientras que en s4 se retardó hasta el doble de tiempo (Fig. 10a). Las condiciones de humedad influyeron de manera significativa para el inicio de la germinación de esta especie; cuando la humedad fue constante se inició en un periodo de 8 días mientras que cuando hubo una pérdida de ésta se retardó hasta 12 días. (Fig. 10b).

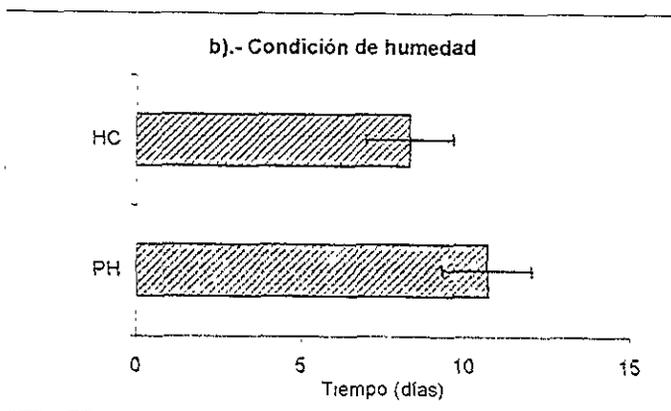
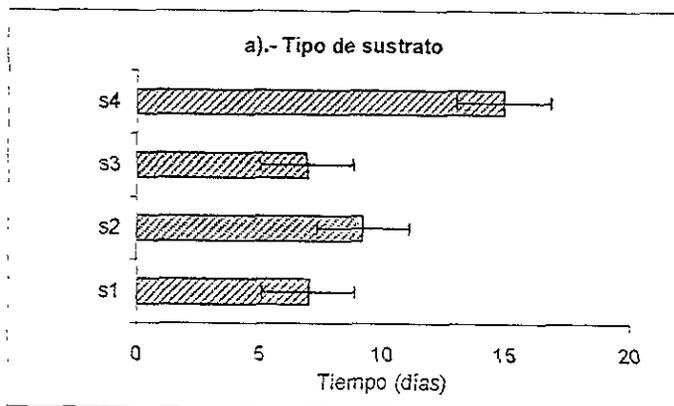


Fig. 10.- Tiempo promedio de inicio para la germinación de *S. mexicana* según a).- Tipo de sustrato y b) - Condición de humedad.

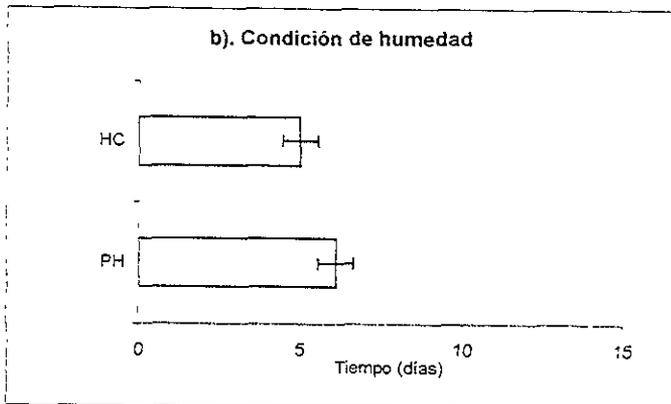
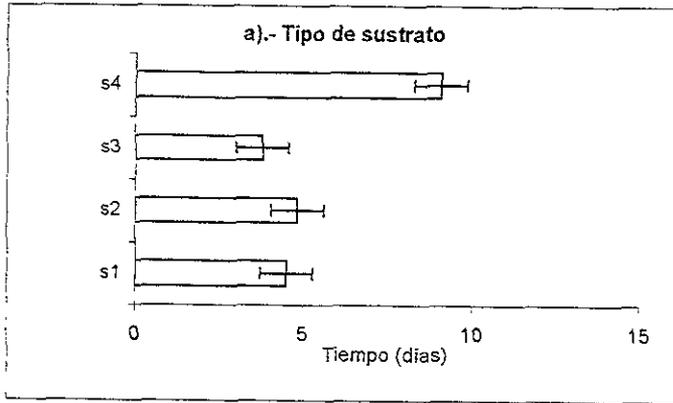


Fig 9.- Tiempo promedio de inicio para la germinación de *R. luteola* según a).- Tipo de sustrato y b).- Condición de humedad.

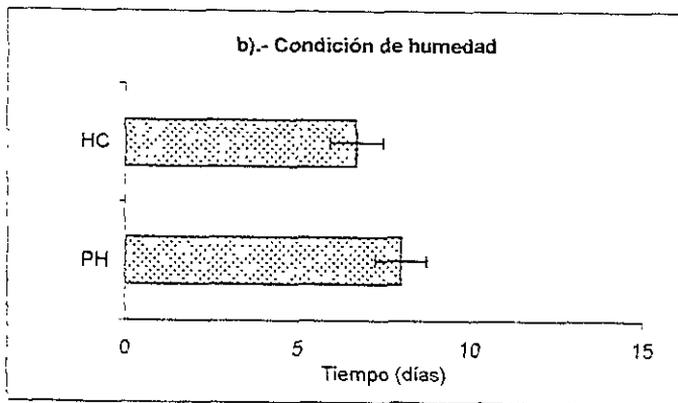
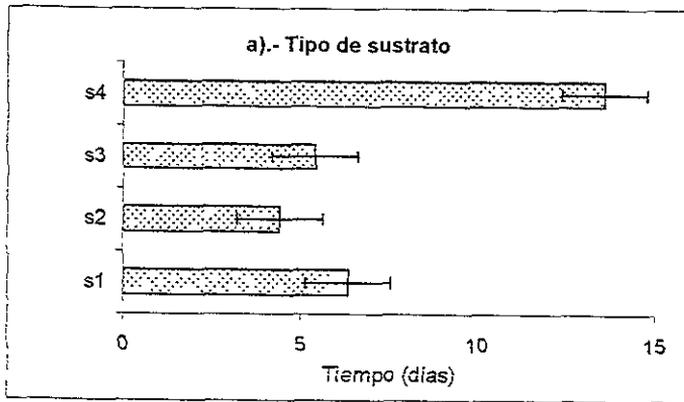


Fig.8.- Tiempo promedio de inicio para la germinación de *M. vulgare*
a).- Tipo de sustrato y b).- Condición de humedad

4.5.2. Germinación máxima

De acuerdo con el análisis de varianza realizado (Tabla 7), los factores que influyeron en la germinación máxima de *M. vulgare* fueron el tipo de sustrato y las condiciones de humedad, y no la profundidad de enterramiento. También las interacciones entre sustrato-profundidad, sustrato-humedad y profundidad-humedad fueron estadísticamente significativas. El sustrato con mayor porcentaje de germinación para *M. vulgare* fue s1, mostrando un valor promedio del 75%. En s2 y s3 los porcentajes se mantienen mayores del 70%, y en s4 la germinación disminuyó significativamente con un valor promedio del 54% (Fig. 11a). Con respecto a la profundidad se presentó un valor promedio mayor de 60% y no existieron diferencias significativas (Fig. 11b). Los resultados obtenidos de acuerdo a las condiciones de humedad mostraron una gran diferencia entre los tratamientos, ya que con respecto a la humedad constante la germinación alcanzó un 75% mientras que para pérdida de humedad fue menor del 64% (Fig. 11c).

Para *R. luteola*, el factor determinante en este experimento, para expresar su germinación máxima fue la condición de humedad y no el tipo de sustrato ni la profundidad. Las interacciones entre el tipo de sustrato y humedad, profundidad y humedad, así como la interacción entre los tres factores fueron estadísticamente significativas (Tabla 8). Se presentó en esta especie un porcentaje promedio de germinación cercano al 60% con respecto al tipo de sustrato (Fig. 12a). Como se muestra en la figura 12b no se presentó ningún efecto de acuerdo a la profundidad de enterramiento, mostrándose valores promedio mayores del 55% de germinación. En condiciones de humedad constante el porcentaje de germinación es de 64%, mientras que en la condición de pérdida de agua se presentó un 53% de germinación (Fig. 12c).

Con respecto a la germinación máxima de *S. mexicana*, tanto el sustrato, la profundidad de enterramiento y la humedad, así como la interacción entre estos factores, presentaron diferencias significativas, lo que indicó la influencia conjunta que ofrecen los

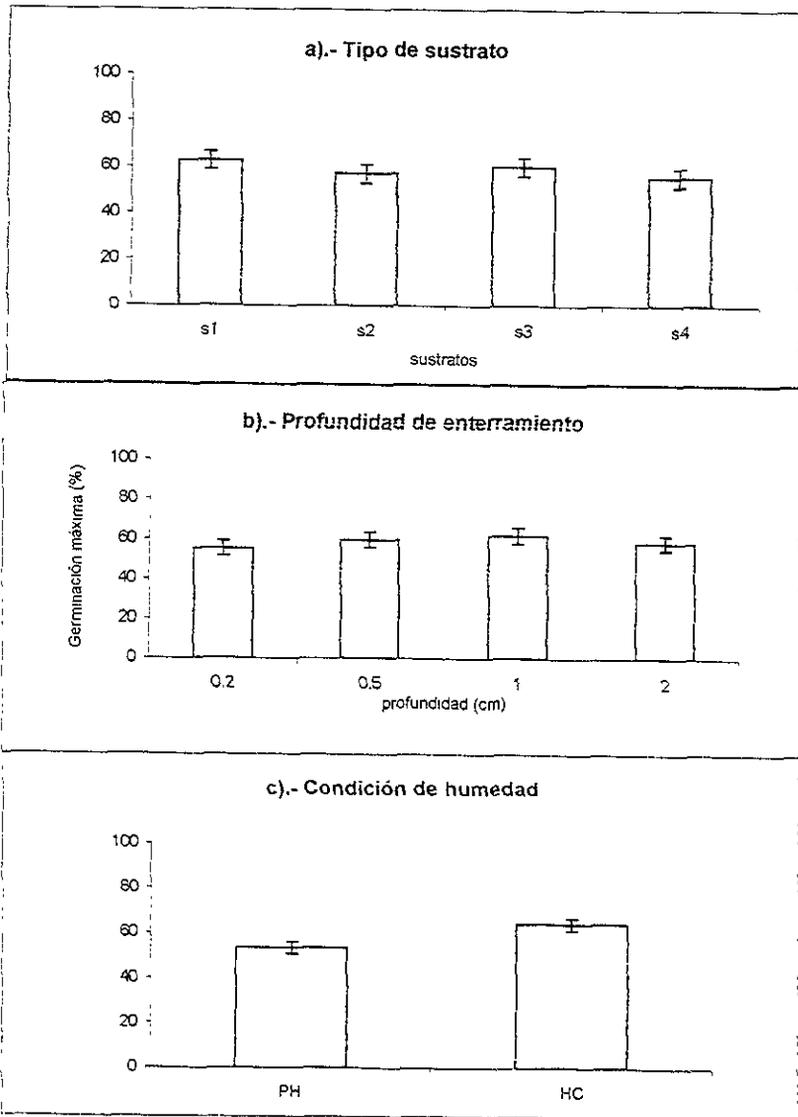


Fig.12.- Germinación máxima de *R. luteola* según a).-tipo de sustrato, b).- Profundidad de enterramiento y c).- Condición de humedad

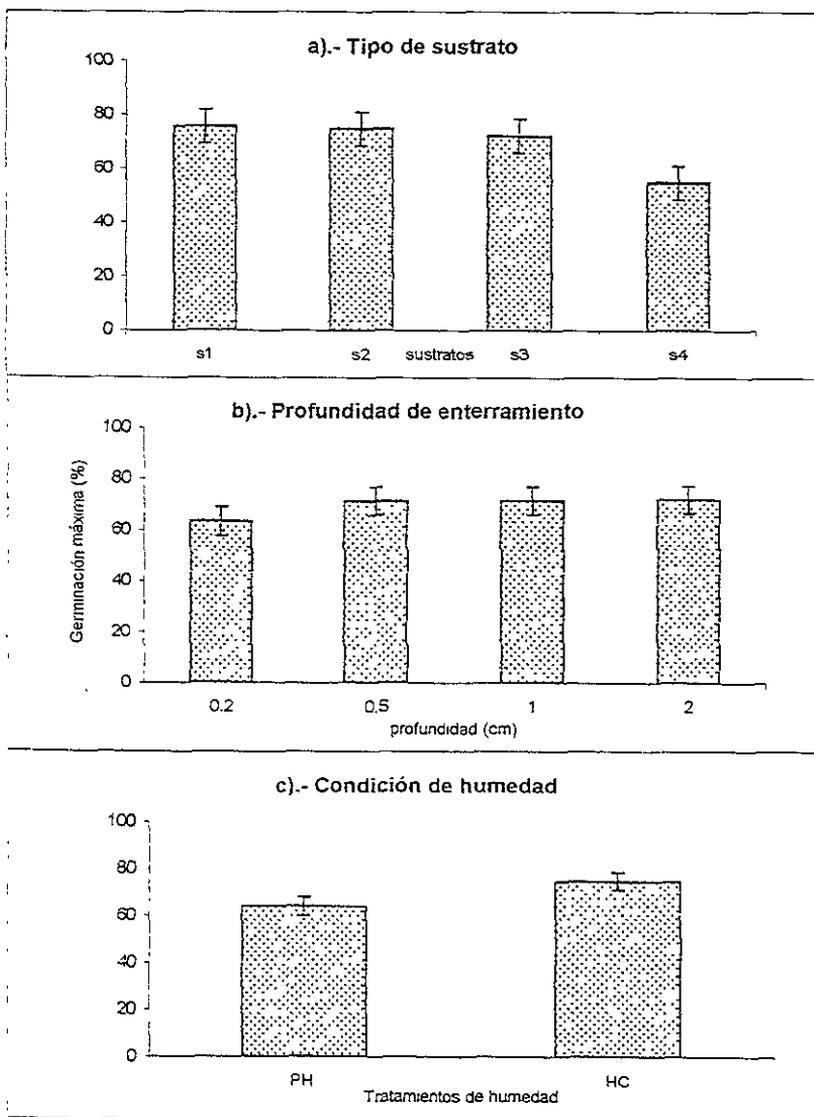


Fig.11.- Germinación máxima de *M. vulgare* según a).-tipo de sustrato, b).- Profundidad de enterramiento y c).- Condición de humedad.

tres factores en esta fase (Tabla9). El tipo de sustrato en el que presentaron un mayor porcentaje de germinación es s2 con un valor promedio del 47%, en contraste para s1 fue menor del 35% de germinación (Fig. 13a). Para *S. mexicana* la profundidad de enterramiento influye en su germinación, de esta manera a una distancia de 2.0 cm el porcentaje de germinación fue del 52% mientras que en la menor profundidad (0.2 cm) solamente alcanza un 29% de germinación (Fig. 13b). Según el análisis de las condiciones de humedad, para el tratamiento humedad constante se registró un 48% de germinación mientras que el de pérdida de humedad solamente presentó un valor promedio del 36% de germinación (Fig. 13c).

4.5.3. Tasa máxima de germinación

Para estimar la tasa de germinación, primeramente se realizó el ajuste de los datos acumulativos en el tiempo, a una función exponencial sigmoide (ecuación 1), mediante el método de mínimos cuadrados utilizando el paquete matemático TABLE CURVE (Jandel Scientific, Versión 3 para win32, 1989-1994) (tablas 10, 11 y 12).

$$y = (a / (1 + b * (exp(-c*x))))$$

Ecuación 1

Se consideró como la tasa máxima de germinación a el valor de la pendiente máxima promedio de la función ajustada. La pendiente se calculó para el punto de inflexión de la curva que se encuentra en su parte lineal (González, 1996) mediante la ecuación 2

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(abc) + e^{-cx}}{(1 + b e^{-cx})^2}$$

Ecuación 2.

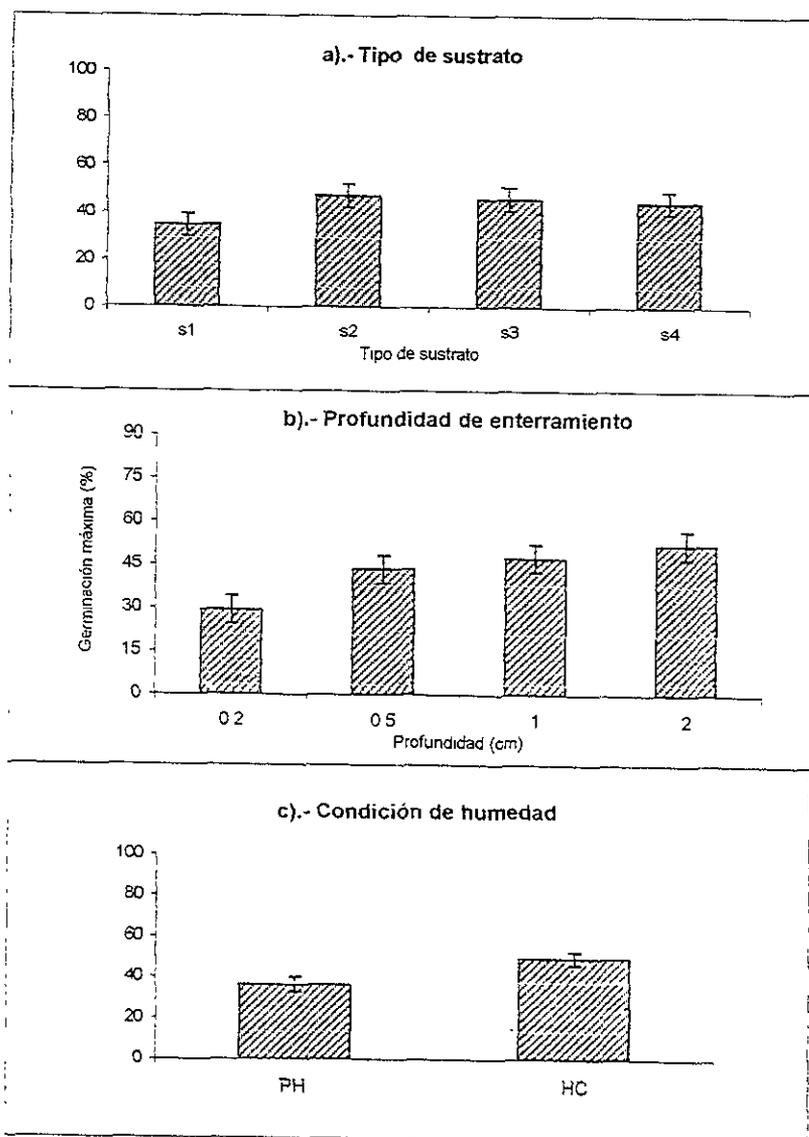


Fig.13.- Germinación máxima de *S. mexicana* según a).-tipo de sustrato, b).- Profundidad de enterramiento y c).- Condición de humedad.

La tasa máxima de germinación para *M. vulgare* presentó diferencias significativas con respecto al tipo de sustrato y la profundidad de enterramiento. Los tratamientos de humedad no resultaron significativos (Tabla 13). El valor promedio mayor de la tasa máxima de germinación con respecto al tipo de sustrato se observó en s2. De acuerdo con la profundidad de enterramiento, existe una tendencia de aumentar su tasa de germinación a una distancia de 1.0 cm (Fig. 14a).

Así mismo para *R. luteola* los factores que influyeron en su tasa máxima de germinación fueron el tipo de sustrato y la profundidad de enterramiento. Los tratamientos de humedad no influyeron en su tasa máxima (Tabla 14). En s1 se presentó un incremento en la tasa máxima. En s2 se evidencia aun más que en los otros sustratos una tendencia de incrementar su tasa de germinación con respecto a la profundidad de enterramiento mayores profundidades 1.0 y 2.0 se presentaron las mejores tasas de germinación (Fig. 14b).

S. mexicana fue la única en la que el tipo de sustrato no influyó en su tasa máxima de germinación, mientras que la profundidad de enterramiento y los tratamientos de humedad sí (Tabla 15). A una profundidad de enterramiento de 0.5 cm se presentó una tendencia de incrementar la tasa máxima de germinación (Fig. 14c).

4.5.4. Resumen de la fase de germinación

El tiempo de inicio de la germinación para *M. vulgare* y *R. luteola* se afectó por el tipo de sustrato y condición de humedad y no por la profundidad de enterramiento. *M. vulgare* inició su germinación en un período de 4 días en s2 y *R. luteola* en 4 días en s3. *S. mexicana* requirió más tiempo para iniciar su germinación después de 6 días en

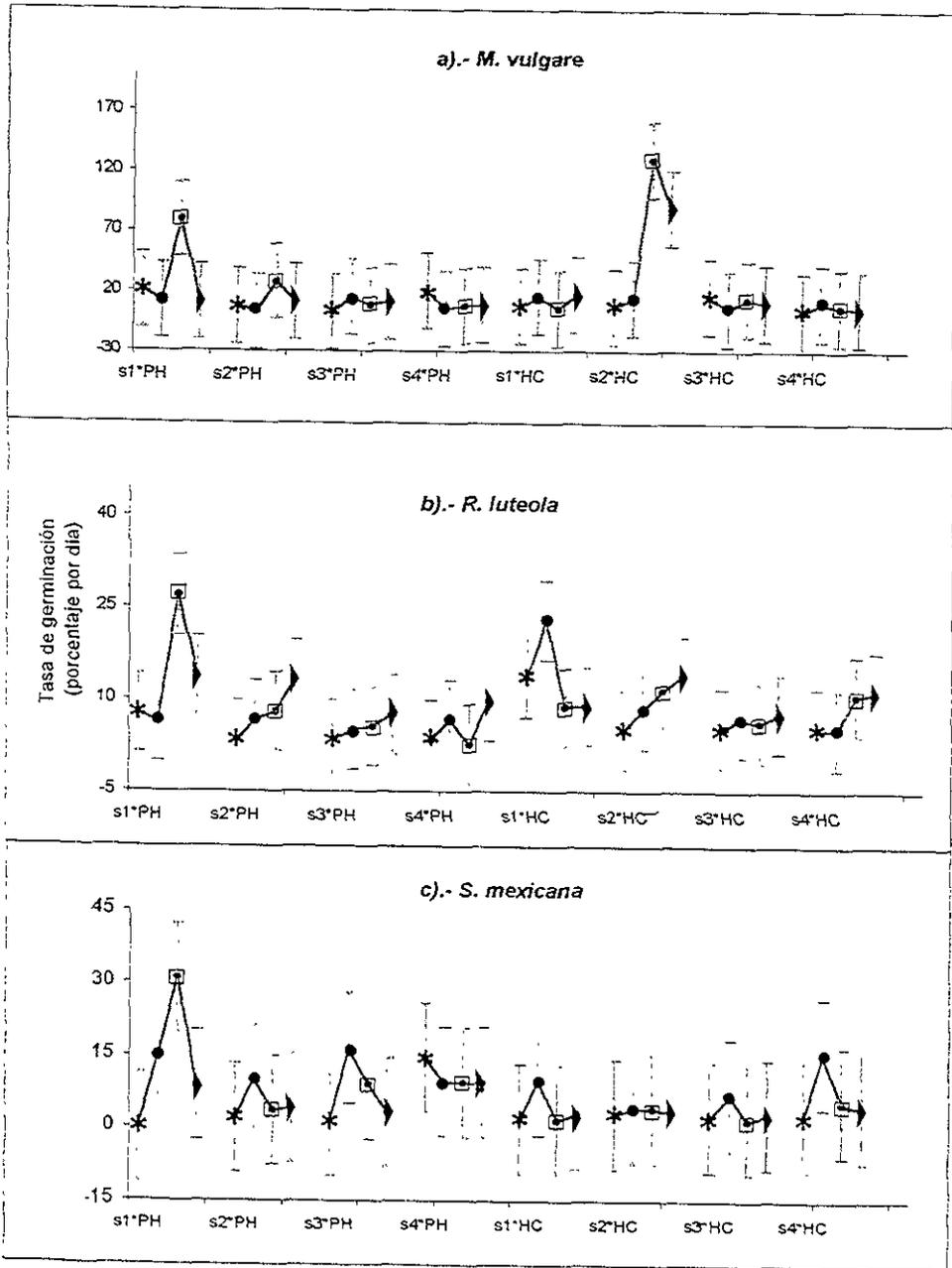


Fig.14.- Tasa máxima de germinación de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana*

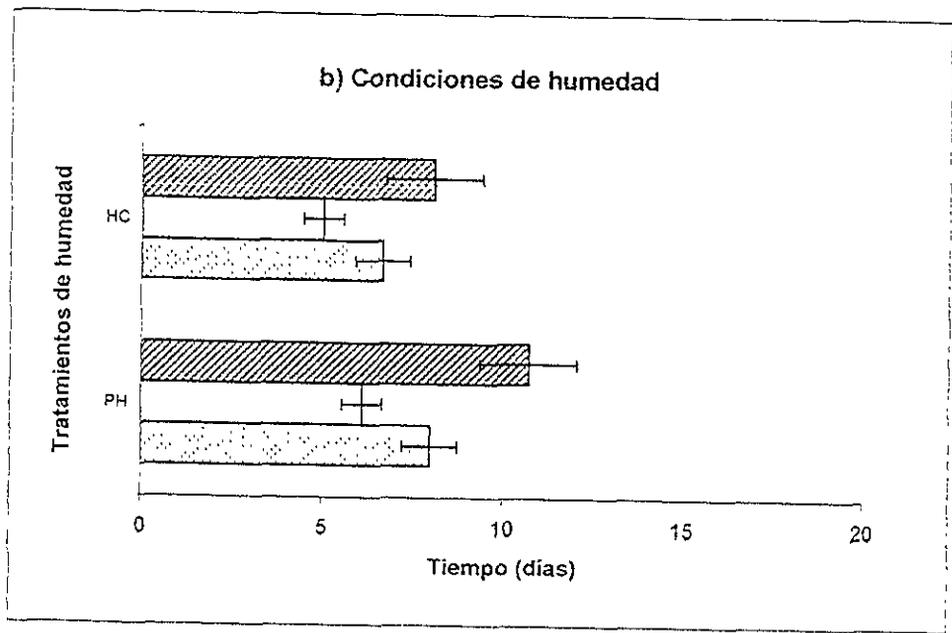
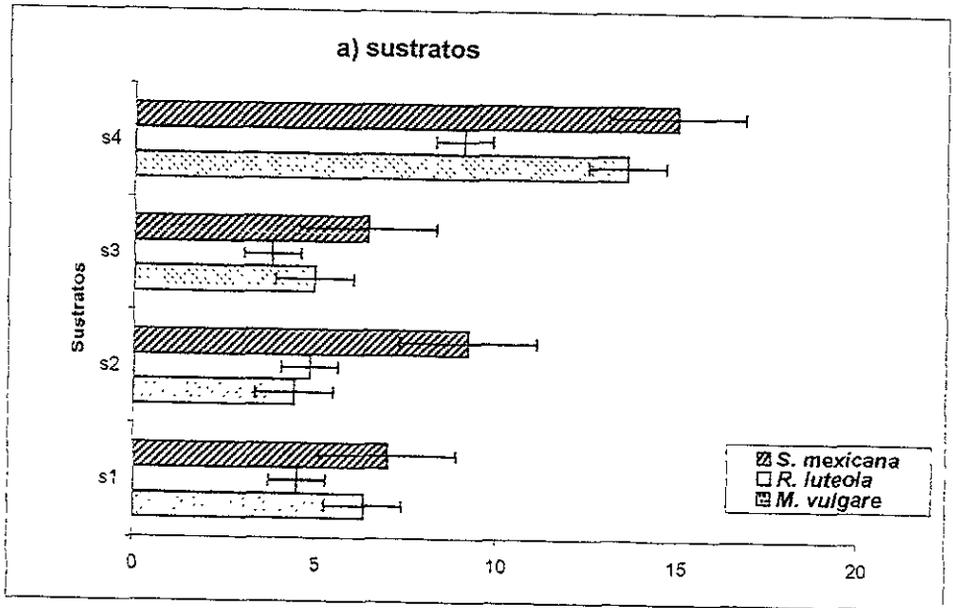


Fig. 15.- Tiempo promedio de inicio para la germinación de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* según a) Tipo de sustrato y b) Condiciones de humedad.

s3. Todas las especies mostraron un retraso en el inicio de su germinación en s4 (Fig. 15a). La condición de humedad constante les proporcionó a las tres especies mayor rapidez en el tiempo de inicio de su germinación con respecto al tratamiento de pérdida de agua (Fig. 15b).

De acuerdo con el tipo de sustrato, la germinación máxima fue significativa para *M. vulgare* y *S. mexicana*. En el caso de *M. vulgare* se muestra un valor promedio máximo del 75% de germinación en s1 y para *S. mexicana* un valor promedio del 47% en s2. A pesar de que para *R. luteola* no existieron diferencias significativas con respecto al tipo de sustrato, hubo una tendencia por incrementar su germinación en s1 con un valor promedio del 62 %. *M. vulgare* y *R. luteola* presentaron los menores porcentajes de germinación en s4, 54 y 55% respectivamente, mientras que para *S. mexicana* en s1 solamente presenta un 34% de germinación (Tabla a y Fig. 16a).

La profundidad de enterramiento únicamente influyó en *S. mexicana*, en donde a mayor profundidad se incrementa el valor promedio del porcentaje de germinación, presentándose así un valor promedio del 52 % de germinación a una profundidad de 2 cm. Este comportamiento fue menos evidente para *M. vulgare*, en esta especie existió una tendencia a incrementar su porcentaje de germinación con respecto a la profundidad de enterramiento, sin embargo no fue significativo. Para *R. luteola* en las profundidades intermedias (0.5 y 1.0 cm) se presentaron los valores promedios más altos, alrededor del 60% (Tabla a y Fig. 16b).

Las condiciones de humedad para las tres especies influyeron drásticamente en su germinación máxima, mostrándose así en condiciones de humedad constante *M. vulgare* con un porcentaje del 74%, *R. luteola* 64% y *S. mexicana* 49% de germinación (Tabla a y Fig. 16c).

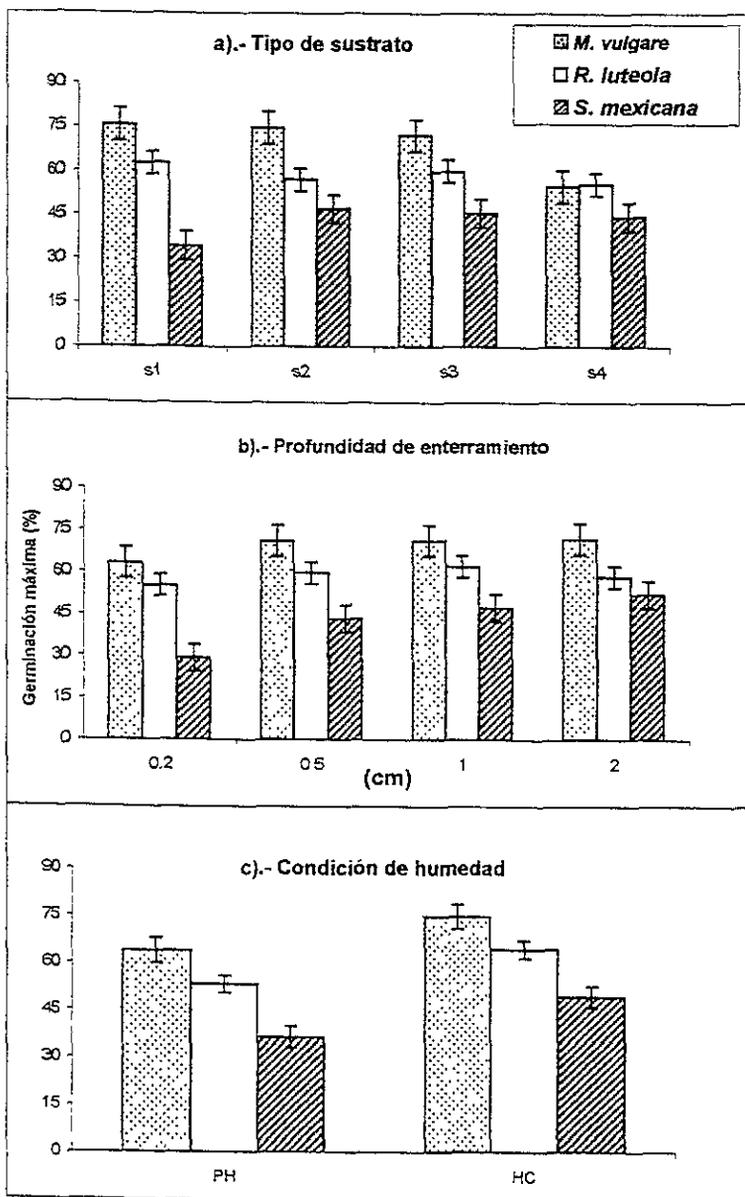


Fig. 16- Germinación máxima de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* según a).- Tipo de sustrato, b).- Profundidad de enterramiento y c).- Condición de humedad.

TABLA a GERMINACIÓN MÁXIMA. Valores promedio expresados en porcentaje de la germinación máxima de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* en los diferentes tratamientos. Se indica con negritas el valor promedio más alto en cada variable y con (*) los tratamientos con diferencias estadísticamente significativas

GERMINACION MÁXIMA		<i>Marrubium Vulgare</i>	<i>Reseda Luteola</i>	<i>Salvia Mexicana</i>
SUSTRATO	S1	75 *	62	34 *
	S2	74	57	47
	S3	72	60	46
	S4	54	55	45
PROFUNDIDAD	0.2	63	55	29 *
	0.5	71	60	43
	1.0	71	62	47
	2.0	72	58	52
HUMEDAD	PH	63 *	53 *	36 *
	HC	74	64	49

En la figura 17 se muestran los resultados de la germinación máxima de las especies en cada uno de los tratamientos así como en los lotes testigos. Para cada una de las especies el comportamiento germinativo en PH muestran un ligero decremento en los porcentajes de germinación, sin embargo es más evidente la tendencia de incrementar los porcentajes de germinación conforme incrementa la profundidad de enterramiento (por ejemplo *M. vulgare* en s2 y PH ó *S. mexicana* s3 y PH) Mientras tanto en condiciones de HC los valores promedio del porcentaje de germinación incrementan. La capacidad germinativa de *M. vulgare* de acuerdo con los lotes testigos, mostró que no existieron diferencias significativas entre estos y los tratamientos experimentales. El lote que se mantuvo en la casa de sombra y condición de luz así como el que correspondió a condiciones ambientales de la cámara ambiental y obscuridad fueron semejantes a los tratamientos con profundidad de 0.2 cm . Para *R. luteola* y *S. mexicana*, su germinación máxima coincide con la respuesta que presentaron los lotes testigos (Fig. 17)

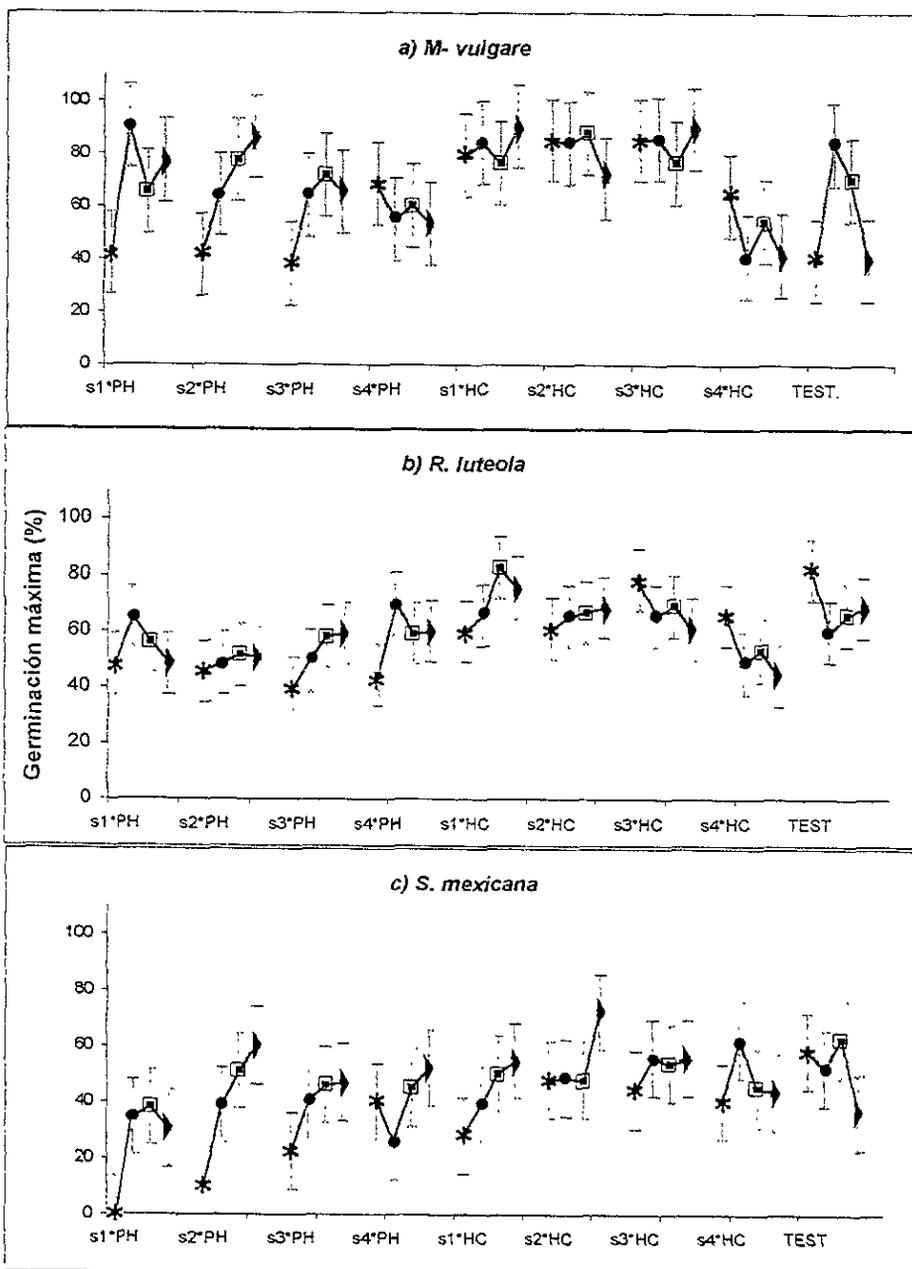
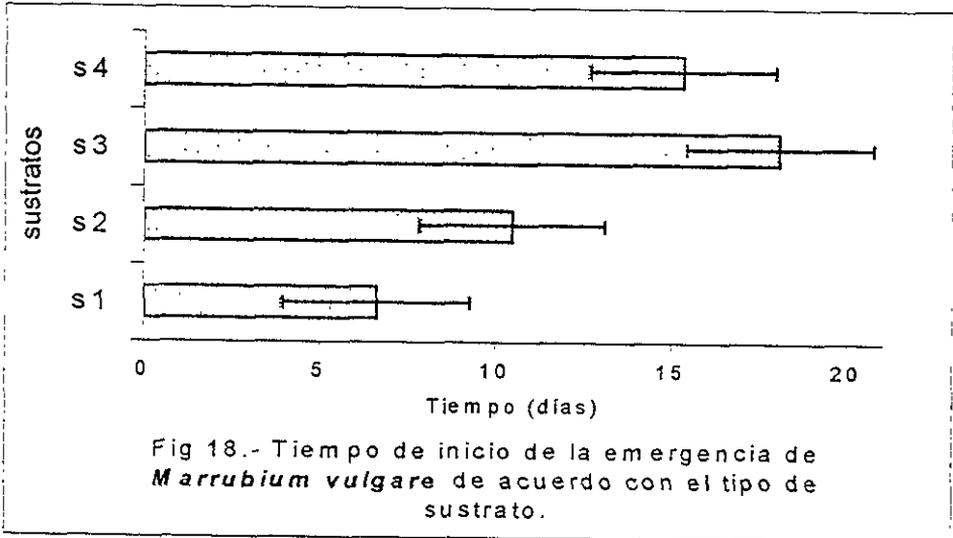


Fig. 17.- Germinación máxima de a).-*M. vulgare*, b) *R.luteola* y c) *S. mexicana* en cada uno de los tratamientos, incluyendo lotes testigos

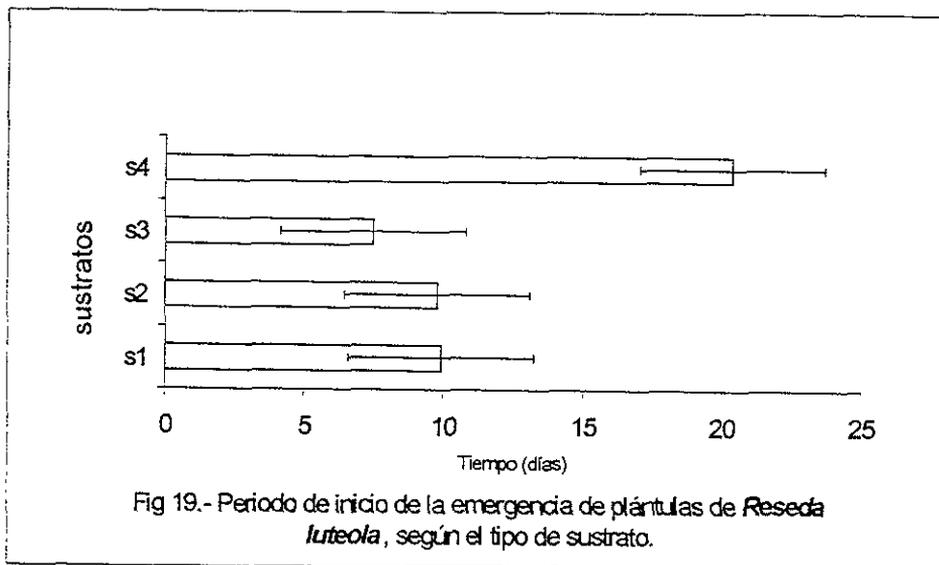
4.6. FASE DE EMERGENCIA

4.6.1. Tiempo de inicio de la emergencia

El tiempo de inicio de la emergencia de las plántulas de *M. vulgare* dependió del tipo de sustrato y no de la profundidad o del tratamiento de humedad (tabla 16). Emergiendo plántulas en s1 en un periodo promedio de 6 días, mientras que para s4 tardó aproximadamente 15 días (Fig.18).



La emergencia de *R. luteola* se vio influido por el tipo de sustrato (Tabla 17), en s4 se retarda más la emergencia de las plántulas iniciándose esta hasta después de un periodo de 20 días mientras que en s1 es más rápida la emergencia (10 días) (Fig. 19).



El periodo de inicio en la emergencia de *S. mexicana* dependió de la profundidad de enterramiento y no del sustrato o la condición de humedad. La interacción entre todos los factores también influyó de manera significativa con respecto al inicio de la emergencia de plántulas de *S. mexicana* (Tabla 18). A profundidades de 0.2 y 0.5 cm se inició la emergencia en 5 días mientras que para las profundidades de 1.0 y 2.0 cm se manifestó hasta el 8° día (Fig. 20a). A pesar de no encontrarse diferencias significativas fue importante considerar la relación entre los sustratos y el día de inicio de la emergencia debido a la resistencia que le ofrecen estos a las plántulas. Para *S. mexicana* se observaron ciertas tendencias en su comportamiento al emerger en s3 en un periodo de 5 días mientras que el s2 se retarda un poco su emergencia en un periodo de 9 días (Fig. 20b).

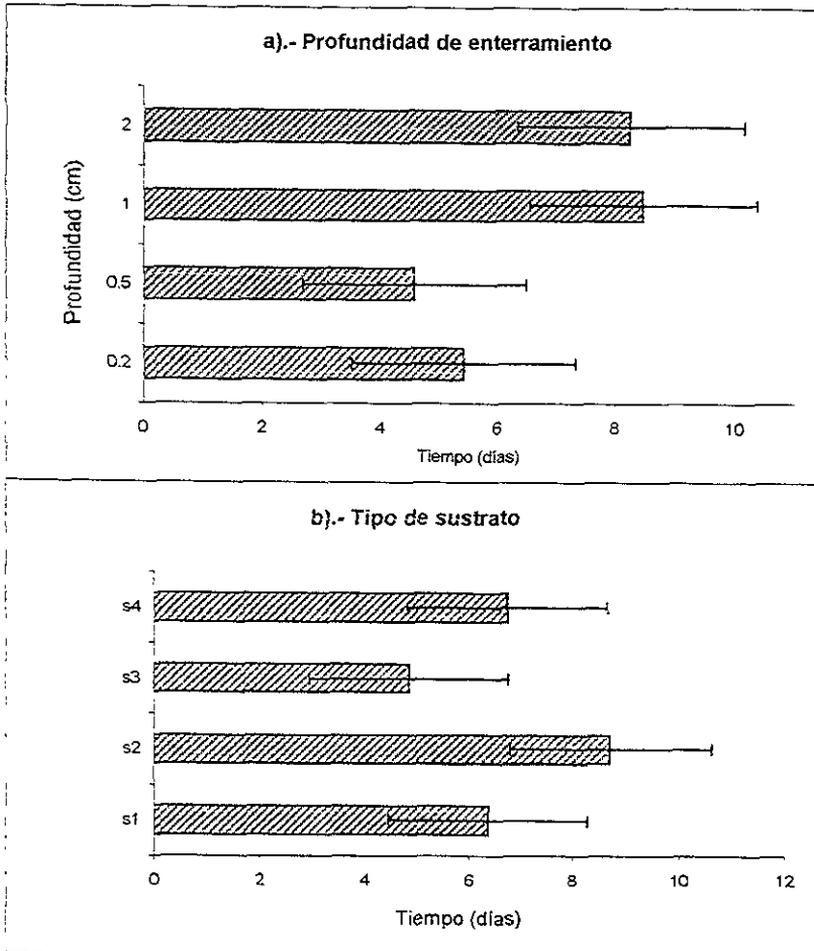


Fig. 20.- Tiempo de inicio de la emergencia de plántulas de *S. mexicana* según a) -Profundidad de enterramiento y b).- Tipo de sustrato.

4.6.2. Emergencia máxima

Los factores que influyeron en la emergencia máxima de las plántulas de *M. vulgare* fueron el sustrato y la humedad y no la profundidad de enterramiento (Tabla 19). La interacción entre todos los factores también fue significativa. Considerando el tipo del sustrato, la mayor emergencia fue en s4 con un valor promedio del 65 % de emergencia y la menor en s3 con 42% (Fig. 21a). A pesar de que no existieron diferencias significativas entre las profundidades de enterramiento en las profundidades menores (0.2 y 0.5 cm) tendió a aumentar la emergencia (Fig. 21b). Las condiciones de humedad afectaron significativamente los porcentajes de emergencia, considerándose para el tratamiento de pérdida de humedad un valor promedio del 32 % de emergencia mientras que en condiciones de humedad constante se presentó el 77% de emergencia (Fig. 21c).

Evaluando la emergencia máxima de *R. luteola* se observó que los tres factores afectaron la capacidad de las plántulas de llegar hasta la superficie, así como la interacción entre el sustrato y humedad (Tabla 20) En s1 se presentó el mayor valor promedio de emergencia (77%), mientras que los demás sustratos presentaron un menor porcentaje de emergencia, siendo en s3 el valor más bajo registrado (39% de emergencia) (Fig. 22a). De acuerdo a la profundidad de enterramiento, la emergencia de plántulas de *R. luteola* se expresó en la formación de dos grupos de acuerdo a los porcentajes de emergencia, mostrándose así un grupo para las profundidades de 0.2 y 0.5 cm con una emergencia del 65% mientras que para las profundidades de 1.0 y 2.0 cm es de un 47 % (Fig. 22b). El tratamiento de HC indicó un valor promedio del 71% de emergencia, mientras que para el tratamiento de PH solamente el 43% (Fig. 22c).

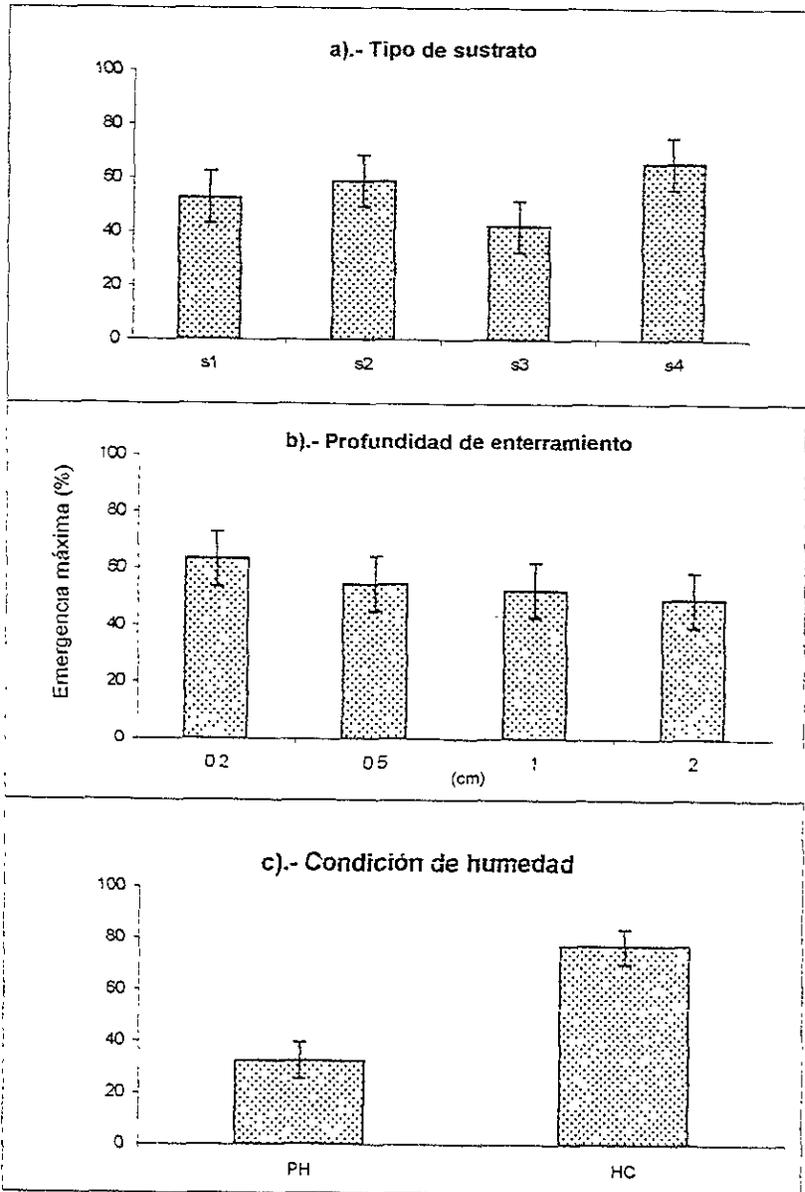


Fig.21.- Emergencia máxima de *M. vulgare* según a).- Tipo de sustrato, b).- profundidad de enterramiento y c).- condición de humedad

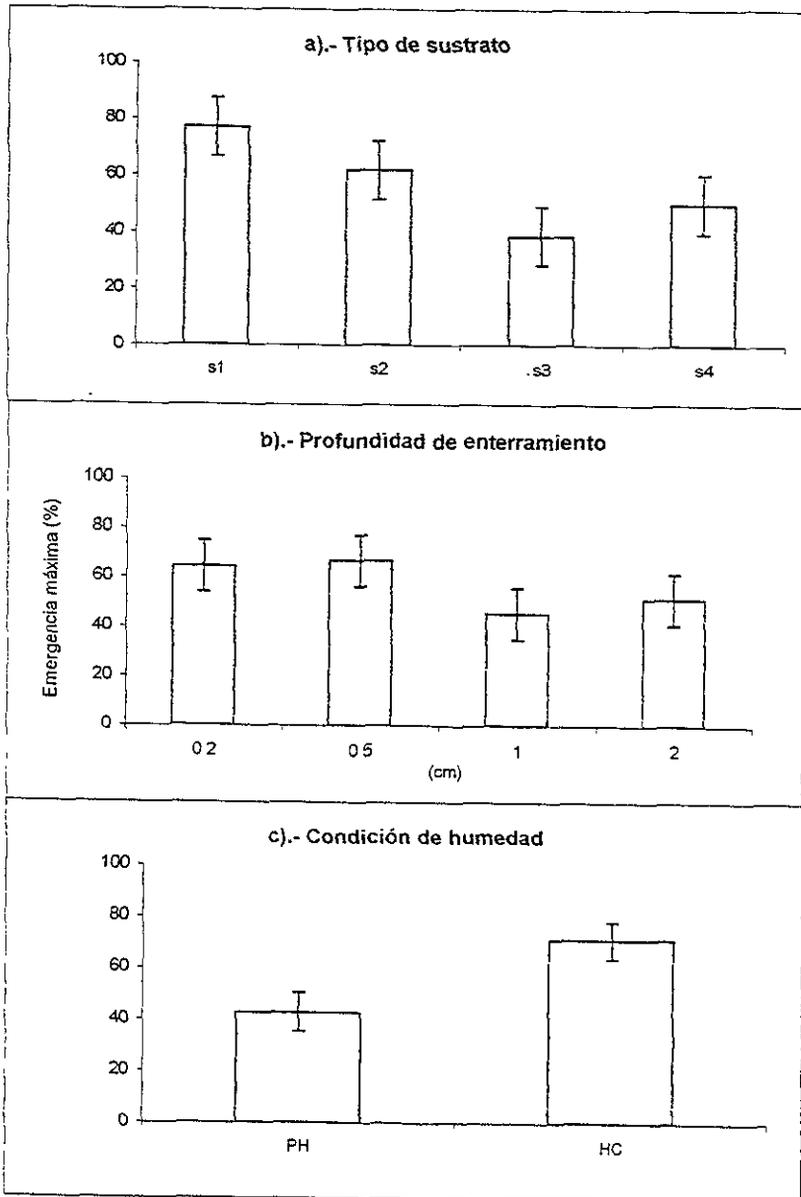


Fig. 22.- Emergencia máxima de *R. luteola* según a).- tipo de sustrato, b).- profundidad de enterramiento y c).- condición de humedad.

La emergencia máxima de plántulas de *S. mexicana* indicó que esta respuesta fue determinada por los tratamientos de humedad (Tabla 21). Los otros dos factores, tipo de sustrato y profundidad de enterramiento, presentan valores promedio sin diferencias significativas. Esto se ilustra en la Fig. 23 la cual representa los valores de emergencia máxima con respecto a los diferentes sustratos y profundidades de enterramiento. Según el tipo de sustrato, la emergencia en s1 indicó el mayor porcentaje de emergencia del 61% mientras que en s4 fue menor (Fig. 23a). Con respecto a las profundidades de enterramiento se presentaron emergencias mayores del 50% (Fig. 23b). La humedad es el factor determinante en la emergencia de *S. mexicana* presentando un valor promedio del 38% de emergencia máxima en condiciones de pérdida de humedad mientras que a humedad constante se registró una emergencia del 72% (Fig. 23c).

4.6.3. Tasa máxima de emergencia

Los valores promedio de las tasas máximas de emergencia en cada uno de los tratamientos de las tres especies se obtuvieron a partir de los ajustes a la función exponencial sigmoide de su emergencia acumulada en el tiempo; estimada de la misma manera como se describió para la fase de germinación. Los ajustes se muestran en las 22, 23 y 24.

La tasa máxima de emergencia de *M. vulgare* se vio influida por el tipo de sustrato y la condición de humedad y no de la profundidad de enterramiento (Tabla 25). Las mayores tasas de emergencia se observaron en s1 y s2 HC (Fig. 24a). La tasa máxima de emergencia para *R. luteola* mostró diferencias con respecto al tipo de sustrato y no de la profundidad de enterramiento ni de la condición de humedad (Tabla 26). Se observó una disminución de la tasa de germinación en s4 PH y HC (Fig. 24b). La tasa máxima de emergencia de *S. mexicana* no difiere de acuerdo al tipo de sustrato, profundidad de enterramiento o de las condiciones de humedad (Tabla 27).

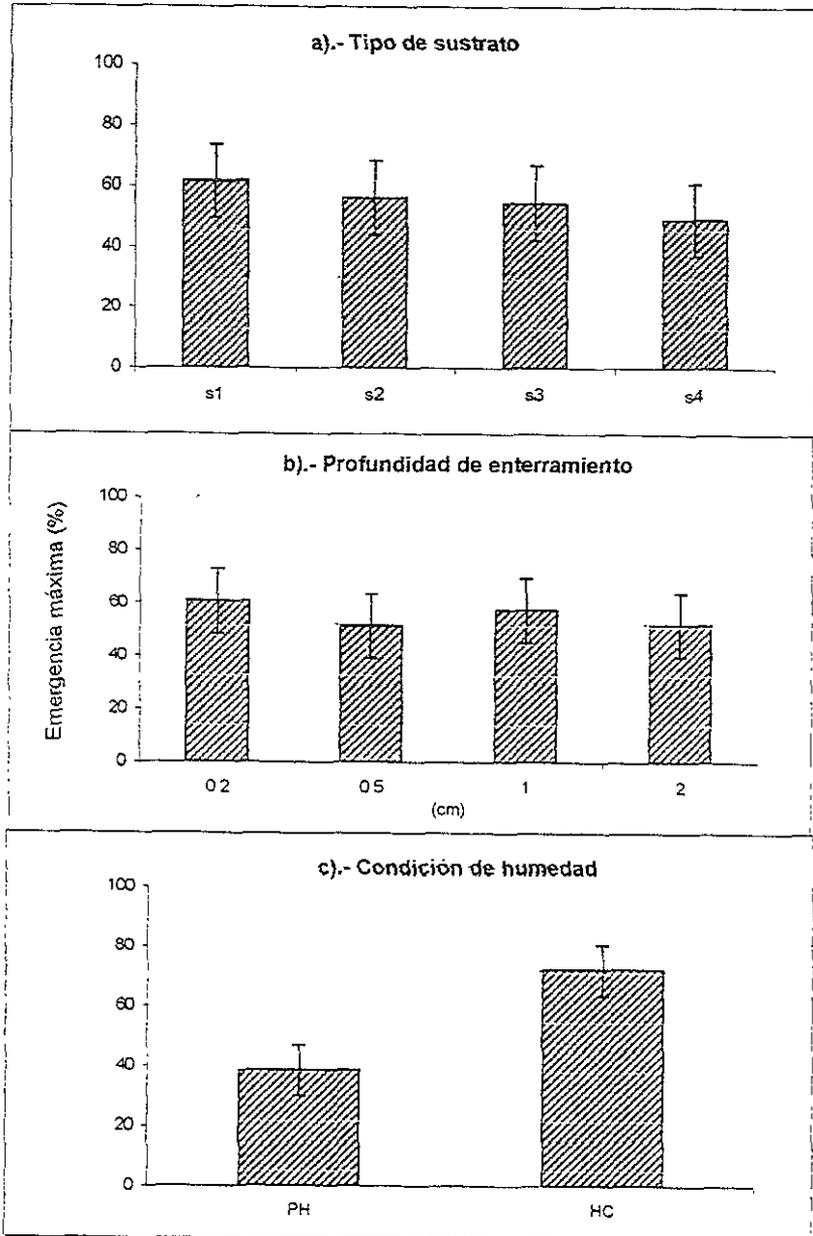


Fig.23.- Emergencia máxima de *S. mexicana* según a).- tipo de sustrato, b).- profundidad de enterramiento y c).- condición de humedad.

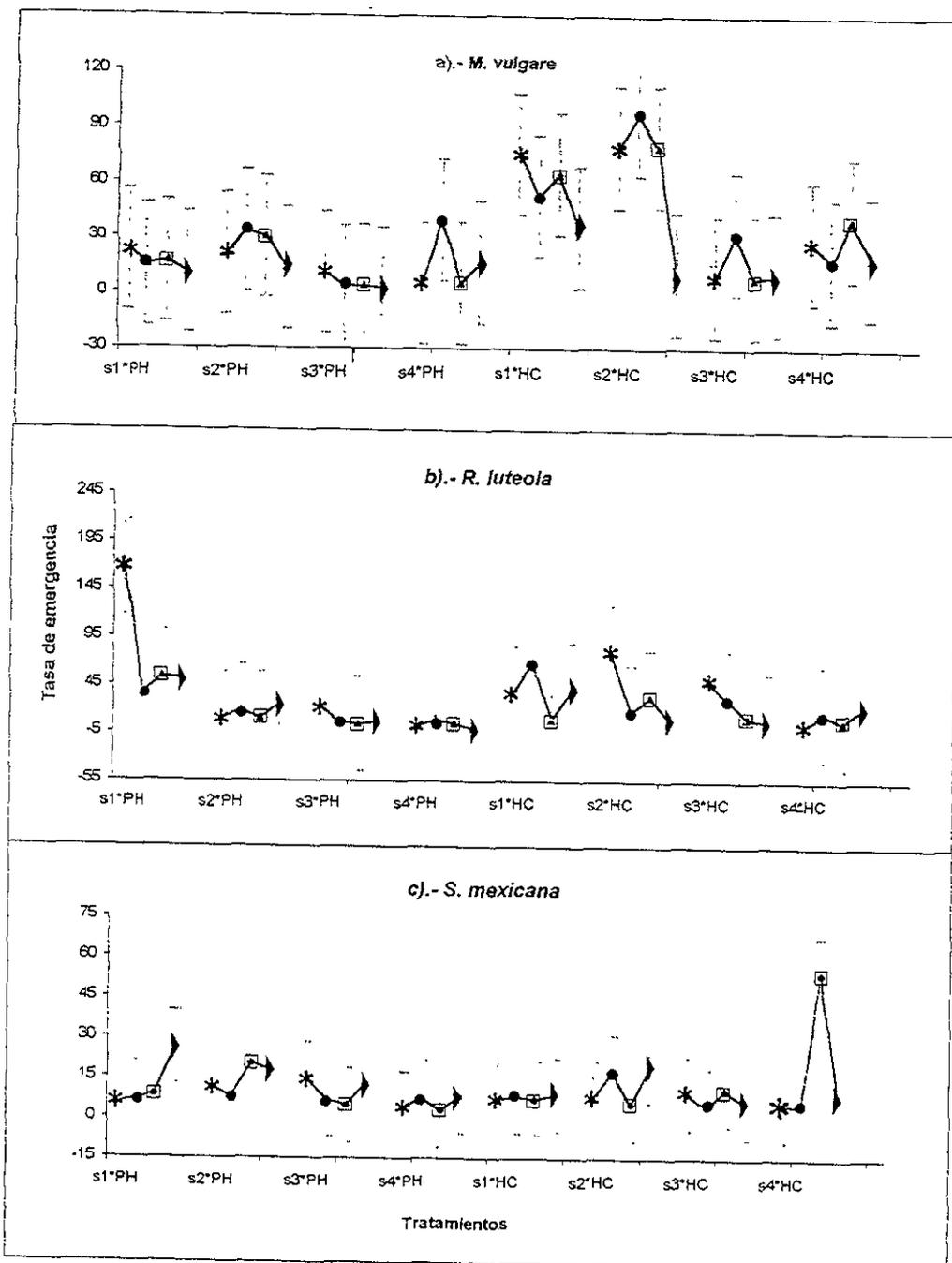


Fig. 24.- Tasa máxima de emergencia para a) *M. vulgare*, b) *R. luteola* y c) *S. mexicana* 60

Sin embargo con respecto a la profundidad de enterramiento se pudo observar una tendencia de incrementar la tasa máxima de emergencia a profundidades de 1 y 2 cm (Fig. 24c).

4.6.4. Resumen de la fase de emergencia

El tiempo de inicio de la emergencia no fue igual entre las especies, presentándose diferencias en el tiempo de inicio así como en el tipo de sustrato que facilita su emergencia. *M. vulgare* comenzó su emergencia en un periodo de 6 días en s1, *R. luteola* en 9 días también en s1 y *S. mexicana* al 5º día en s3. Para *M. vulgare* y *R. luteola* se consideró como un factor limitante para emerger el tipo de sustrato mientras que para *S. mexicana* lo fue la profundidad de enterramiento. Para *M. vulgare* y *R. luteola* el s4 retrasó el inicio de su emergencia (Fig. 25).

Con respecto a la emergencia máxima (Tabla b) según el tipo de sustrato, *M. vulgare* fue la única especie en la que el suelo (s4) favorece su emergencia presentando un valor promedio del 65%. *R. luteola* muestra una preferencia por el sustrato de arena con el 77% de emergencia. A pesar de que para *S. mexicana* no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sustrato, en el s1 presenta el mayor valor promedio con un 61% de emergencia (Fig. 26a). *R. luteola* es la única especie dentro de este estudio a la que la profundidad de enterramiento le favoreció o impidió su emergencia, es decir, existieron diferencias significativas entre las profundidades de 0.2 y 0.5 cm con valores de emergencia del 66% y las profundidades de 1 y 2 cm con valores promedio de emergencia del 49%. *M. vulgare* y *S. mexicana* mostraron una tendencia a aumentar su emergencia a profundidades menores. A una profundidad de 0.2 cm, *M. vulgare* presentó un 63% de emergencia y *S. mexicana* en las mismas condiciones el 60% (Fig. 26b).

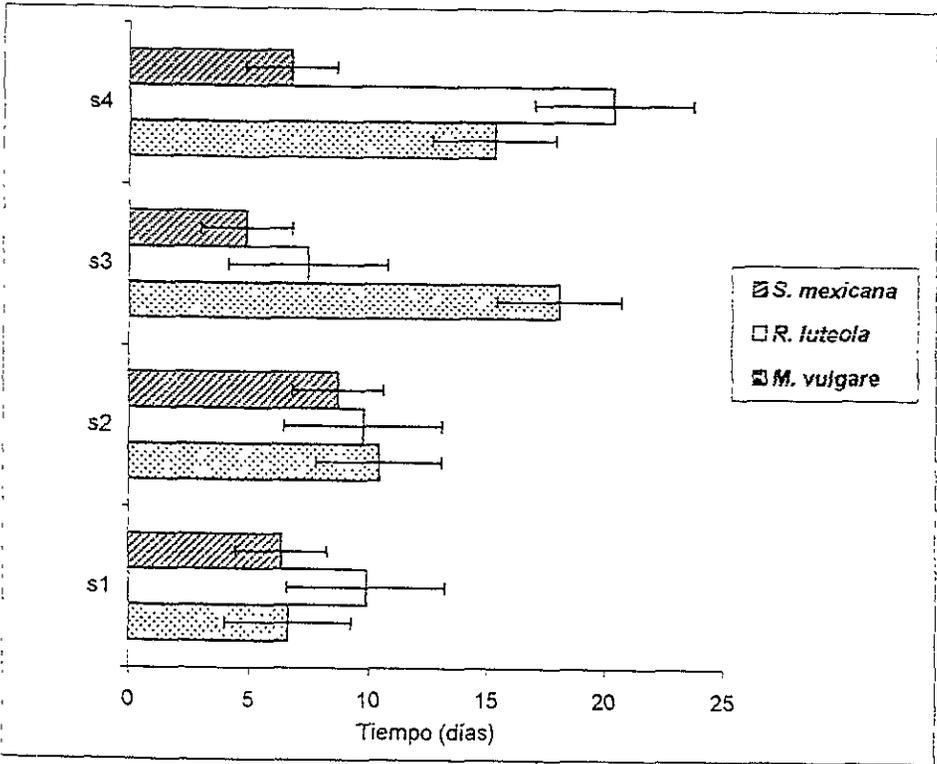


Fig. 25.- Tiempo de inicio para la emergencia de pántulas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* en diferentes tipos de sustrato.

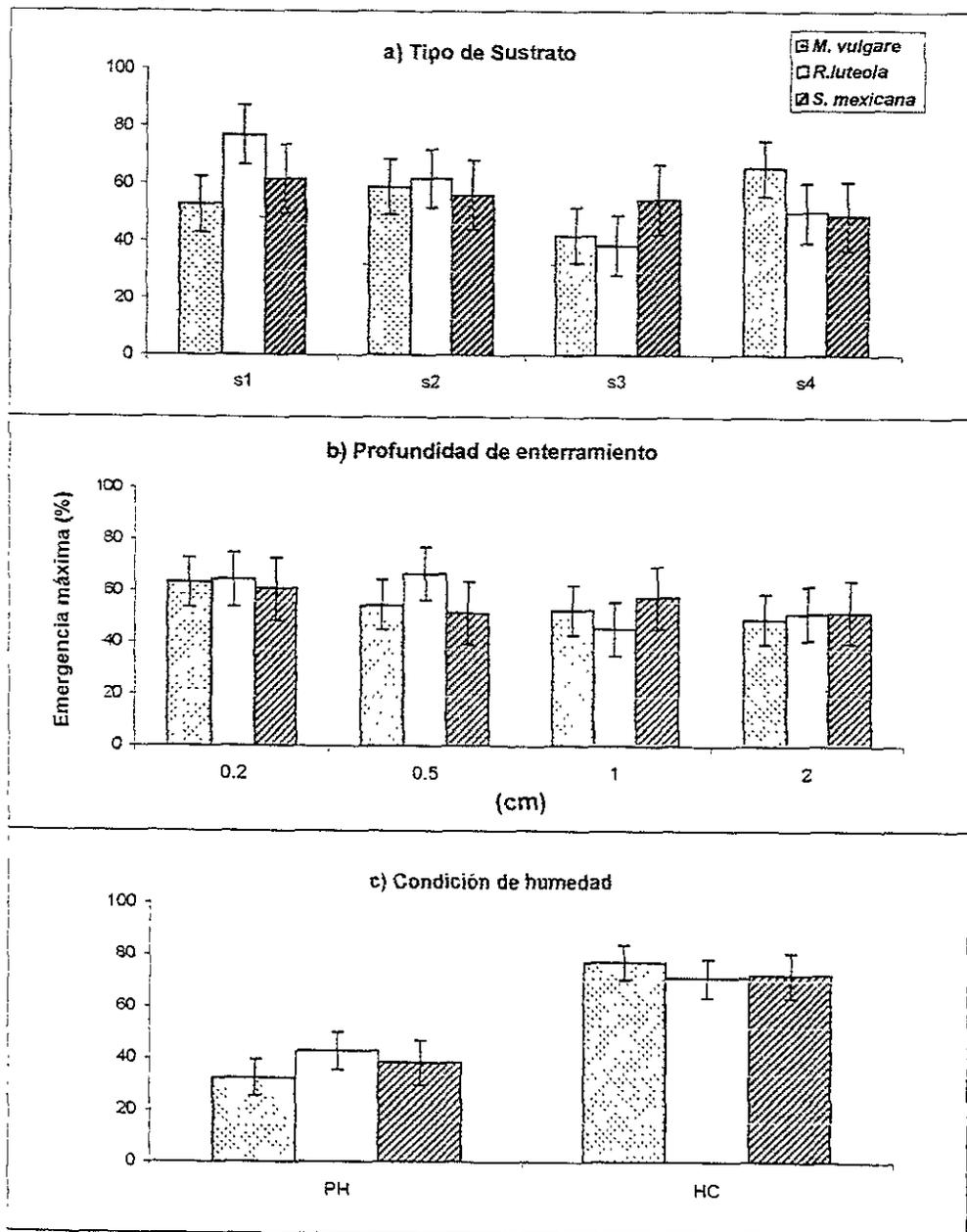


Fig. 26.-Emergencia máxima de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* según a) Tipo de sustrato, b) Profundidad de enterramiento y c) Condición de humedad

En las tres especies la emergencia de plántulas en relación con la pérdida de humedad mostró valores menores del 44% mientras que en condiciones de humedad constante fueron superiores del 66%. (Fig. 26c).

La emergencia máxima de *M. vulgare* en s1 indicó una emergencia homogénea con respecto a la profundidad de siembra sin embargo cuando existe una humedad constante se mostró una tendencia a incrementar su emergencia en la profundidad de 0.2 cm. Existen menos dificultades para la emergencia de las plántulas de *M. vulgare* en s4 a profundidades menores a 1 cm, en las cuales el sustrato muestra menor compactación (Fig.27a). En el caso de *R. luteola* la porosidad del sustrato arena facilita la emergencia de las plántulas, indistintamente de la profundidad de enterramiento o condición de humedad. Aunado a esto cuando existieron condiciones favorables de humedad se presentó un incremento en la emergencia máxima sobre todo en la profundidad de 0.2 cm (Fig. 27b). Para *S. mexicana* no existieron diferencias significativas con respecto al tipo de sustrato o profundidad de enterramiento, solamente existe una tendencia de incrementar su emergencia máxima en condiciones de humedad constante (Fig. 27c.).

TABLA b.- EMERGENCIA MÁXIMA. Valores expresados en porcentaje de la emergencia máxima de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* en los diferentes tratamientos. Se indica con negritas el valor promedio más alto en cada variable y con(*) los tratamientos con diferencias estadísticamente significativas.

EMERGENCIA MÁXIMA		<i>Marrubium Vulgare</i>	<i>Reseda Luteola</i>	<i>Salvia Mexicana</i>
SUSTRATO	S1	53 *	77 *	61
	S2	59	62	57
	S3	42	39	54
	S4	65	50	49
PROFUNDIDAD	0.2	63	64 *	61
	0.5	54	66	51
	1.0	52	45	57
	2.0	49	51	52
HUMEDAD	PH	32 *	43 *	39 *
	HC	77	71	72

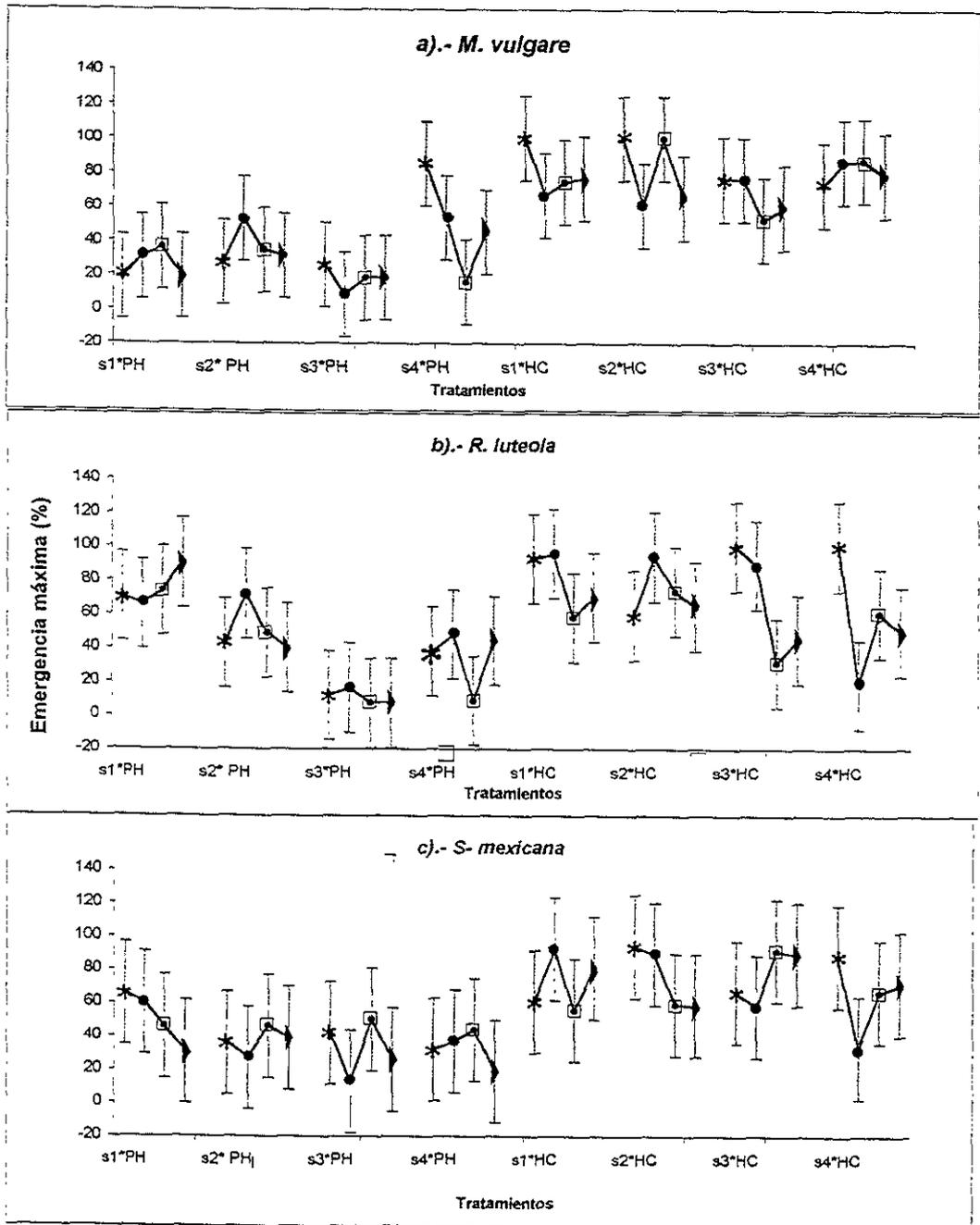


Fig. 27.- Emergencia máxima de a).- *M. vulgare*, b).- *R. luteola* y c).- *S. mexicana* en cada uno de los tratamientos.

5. DISCUSIÓN

Al vivir en un hábitat determinado, las plantas realizan sus procesos vitales tales como fotosíntesis, respiración, germinación, crecimiento y reproducción en base a los factores microambientales característicos. Estos procesos forman parte de diversos estudios que bajo la perspectiva de la ecofisiología, involucran el estudio descriptivo de las respuestas de un organismo a ciertas condiciones ambientales (Krebs, 1985; Larcher, 1995). Estas respuestas son fundamentales para el entendimiento de los mecanismos o estrategias de adaptación, por ejemplo las plantas que crecen en los desiertos pueden resistir la sequía y las altas temperaturas, así en cada ambiente existen estrategias o adaptaciones que determinaran la distribución de las especies. (Salisbury y Ross, 1994; Block y Vannier, 1994).

De esta manera la ecofisiología vegetal es una ciencia experimental que busca describir los mecanismos fisiológicos bajo la perspectiva ecológica. Estos modelos o mecanismos ecofisiológicos pueden ayudarnos no solo a entender las adaptaciones o distribución de las especies sino también tienen una aplicación en la agricultura y conservación ambiental (Lambers, *et al.*, 1998). Bajo este enfoque, el presente estudio trató de responder algunas preguntas acerca de la ecofisiología de la germinación y emergencia de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana* en diferentes microambientes.

El tamaño de las semillas presenta una gran variación intra e interespecífica que está asociada con numerosas características relacionadas con la historia de vida de las plantas (Mazer, 1990). Este atributo puede influir en su dispersión, probabilidades de depredación, capacidad germinativa, tasas de sobrevivencia así como en el crecimiento de las plántulas (Mazer, 1990; Westoby, *et al.* 1992). Las tres especies estudiadas presentaron diferencias significativas en el tamaño promedio de sus semillas; sin embargo, en los tres casos se trataron de semillas pequeñas (*R. luteola* 1.9×10^{-4} g, *M. vulgare* 8.6×10^{-4} g y *S. mexicana* 1.3×10^{-3}

g) si las ubicamos en los límites inferiores de los rangos de tamaño reportados por Harper *et al.*, (1970) (10^{-6} – 10^5) quienes mencionan una variación de 10 órdenes de magnitud en esta variable; por Westoby, *et al.* (1992) (10^{-6} - 10^1 g) para semillas de distintas comunidades vegetales y por Ibarra-Manríquez y Oyama (1992) (10^2 – 10^{-4}) para especies del bosque tropical de Los Tuxtlas, Ver., México.

De esta manera existen trabajos que han relacionado el tamaño de las semillas y otros factores inherentes, con la forma de vida y el ambiente de las especies vegetales (Salisbury, 1974; Grime *et al.*, 1988; Westoby *et al.*, 1992); para este estudio el ambiente en el que se establecen las tres especies es de tipo estacional, en el que de acuerdo con Baker (1972), la producción de numerosas semillas pequeñas incrementa las posibilidades de dispersión, favoreciendo el éxito reproductivo, como una de las características relacionadas con este tipo de ambiente (Begon *et al.*, 1986; Grime *et al.*, 1988). Sin embargo, es importante considerar que esta variable puede estar determinada también por factores filogenéticos (Mazer, 1990; Kelly, 1996), y este podría ser el caso de *S. mexicana* y *M. vulgare* ya que ambas especies pertenecen a la familia Lamiaceae.

Por otro lado, Jurado *et al.* (1991) mencionan que existe una fuerte variación en el tamaño de las semillas dentro de un mismo hábitat; esta consideración se podría reflejar en la diferencia significativa entre el tamaño promedio de las semillas de *M. vulgare*, *R. luteola* y *S. mexicana*. Las semillas relativamente grandes poseen mayores reservas de nutrimentos lo que favorecería el éxito en el establecimiento de las plántulas resultantes en ambientes poco productivos y/o limitantes (Leishman y Westoby, 1994).

Con base en esta propuesta y en la diferencia significativa en el tamaño de las semillas en este trabajo, se podría esperar que las respuestas germinativas y/o de emergencia serían contrastantes entre las tres especies. Sin embargo, la capacidad germinativa de *S. mexicana* (especie con el tamaño promedio de semilla mayor) fue menor con respecto a las otras especies tanto en los lotes testigos como en las condiciones experimentales. A este respecto se puede considerar el trabajo de

Fenner (1978) en el que no encontró una correlación entre el peso y el éxito en el establecimiento y/o crecimiento de las plántulas.

Los resultados observados en este trabajo requieren que se considere que la germinación y el posterior establecimiento de las plántulas dependen no solo de las características morfológicas de las semillas, si no también de los microambientes en los cuales se depositan después de su dispersión (Baker, 1972; Platt, 1975; Grubb, 1977; Gross 1984). La correlación no significativa entre el tamaño de las semillas con la germinación y la emergencia máxima de las tres especies, podría indicar que estas respuestas están más relacionadas con los factores microambientales que con las características morfológicas de las semillas de cada especie

Algunas de las características del suelo como: la estructura, textura, densidad, porosidad y variación del microrelieve (pendientes, depresiones, etc.) además de influir en la captación y retención de semillas (dispersión vertical) (Chambers y MacMahon, 1994), podrían otorgar condiciones favorables para la germinación a nivel microambiental (Harper, *et al.*, 1965; Washitani y Takenaka, 1986). En este trabajo, cada uno de los sustratos en combinación con la profundidad de enterramiento y con las condiciones de humedad constituyeron microambientes particulares para las respuestas de germinación y emergencia de cada una de las especies.

El tipo de sustrato proporcionó condiciones determinantes no sólo para el inicio de la germinación si no también para expresar su germinación máxima en relación a su capacidad de retención de humedad (Fig. 7). En s4 (suelo) las tres especies mostraron los valores promedio más bajos para el inicio de la germinación y emergencia de las tres especies, una tendencia a menores porcentajes de germinación máxima y a menores tasas de germinación y emergencia; estas tendencias fueron significativas para *M. vulgare* y *R. luteola*, lo que podría atribuirse a que el suelo que se utilizó en este estudio fue el sustrato que presentó la mayor retención de humedad y menor porcentaje de porosidad (Fitzpatrick, 1978; Wild, 1993) por lo que la compactación afectó la emergencia máxima de las plántulas de

las especies con semillas relativamente pequeñas, y no así para *S. mexicana*. Los demás sustratos mostraron valores de porosidad mayores del 50% y tal vez, en combinación con los otros dos factores (profundidad y humedad) crearon microambientes relativamente más favorables para la germinación y el emergencia de las plántulas. En general las condiciones de humedad constante favorecieron niveles mayores de las respuestas evaluadas.

La profundidad a la que se depositan las semillas después de su dispersión depende de su tamaño, morfología y por supuesto de las características estructurales del suelo (Martínez, et al., 1992; Chambers 1991). En este estudio la profundidad de enterramiento mostró un efecto combinado con el tipo de sustrato y su capacidad de retención de agua.

En cuanto a las respuestas germinativas y su relación con la profundidad de enterramiento Bradford (1995) comenta que la imbibición de las semillas está influida por la conductividad hidráulica del medio así como por el contacto entre el sustrato y la semilla, así que en este estudio las profundidades relativamente mayores favorecieron la germinación máxima de *S. mexicana* (Fig. 13) lo que podríamos atribuir a que por su tamaño relativamente mayor y a que forma mucílago requiere de un aporte extra de humedad. Este resultado es semejante al reportado por Chambers (1995) quien encontró que las semillas de algunas especies alpinas, cuyos tamaños promedio eran del orden de magnitud de las semillas de *S. mexicana* además de formar mucílago, germinaron y emergieron de manera óptima cuando se enterraron a una profundidad de 1 cm.

La formación del mucílago requiere una absorción de agua en grandes cantidades en un tiempo corto y la ventaja con respecto a semillas que no lo presentan es que éstas últimas obtienen menos cantidad de agua del suelo por un deficiente contacto con las partículas de este (Gutterman y Shem-Tov, 1997; Zaady, et al., 1997). Probablemente para las otras dos especies, la humedad disponible en las profundidades menores fue suficiente para que se realizara la imbibición, debido al tamaño y características de las semillas de *R. luteola* y *M. vulgare*.

Por otro lado, las tasas de germinación de *M. vulgare* y *R. luteola* si mostraron una tendencia a incrementarse a mayores profundidades de enterramiento que podría explicarse por un mayor movimiento del agua desde el sustrato hacia la semilla, asociado con la profundidad del enterramiento como lo proponen Allen y Meyer (1998). En el caso de *S. mexicana*, el mucílago podría favorecer un flujo constante de agua a cualquier profundidad en que la formación de este último haya sido completada.

En cuanto a los efectos de la profundidad de enterramiento sobre la emergencia, estos pueden ser altamente específicos (Martínez, et al., 1992; Chambers 1991). Reader (1993) experimentó acerca del impedimento mecánico que representa la cubierta vegetal en algunos campos de cultivos. Este experimento sugiere que la cubierta vegetal puede reducir la emergencia de plántulas para especies con tamaño de semilla pequeño (0.06 - 1.4 mg) en mayor proporción que para especies con tamaño de semilla más grande (2.40 - 12.20 mg).

A pesar de que en este estudio la emergencia máxima de las plántulas de las tres especies no disminuyó significativamente a mayores profundidades de enterramiento, para *R. luteola* si se observó una tendencia a disminuir su emergencia en profundidades iguales o mayores de 1 cm. Chambers (1995) propone la existencia de barreras físicas para la emergencia de las plántulas resultantes de semillas relativamente pequeñas, las que para *R. luteola* pudieron estar constituidas por las partículas grandes del tezontle, lo compacto del suelo (s_4) y la profundidad de enterramiento mayor de 0.5 cm. Las plántulas de semillas relativamente más grandes podrían emerger más rápido y/o en mayor proporción en profundidades de enterramiento mayores como lo fue para *S. mexicana* y *M. vulgare* otorgándoles ventajas para enfrentar obstáculos en su camino hacia la superficie (Harper, et al. 1970; Winn, 1985; Veneable y Brown, 1988; Martínez, et al., 1992) y vencer la resistencia de sustratos compactos, determinando también tasas de emergencia mayores (Horvitz y Schemske, 1994; Grant, et al., 1996)

M. vulgare fue la especie con mayores porcentajes de germinación en todos los sustratos y profundidades de siembra (Fig. 16). Aunque la germinación máxima es menor cuando existen limitaciones de disponibilidad de humedad, se mantienen porcentajes de germinación arriba del 50% sin afectar la velocidad de esta respuesta. El hecho de requerir ácido giberélico para iniciar su germinación indicaría que al ser liberadas las semillas de esta especie aún no tienen un nivel de maduración adecuado. De este modo su latencia endógena se perdería hasta después de un periodo de estratificación (período invernal), y hasta la época de lluvias las plántulas resultantes tendrían mayores posibilidades de éxito (Allen y Meyer, 1998). Los bajos niveles de humedad afectaron la emergencia de las plántulas de ***M. vulgare*** tanto en su porcentaje máximo como en su velocidad. Los estadios muy tempranos de las plántulas de esta especie serían los más vulnerables a condiciones drásticas de humedad y por lo tanto determinantes en su establecimiento.

Para ***R. luteola*** sus respuestas germinativas se vieron favorecidas por las condiciones de humedad constante, sin embargo las condiciones experimentales de menor disponibilidad de agua (ya sea por las características del sustrato y/o profundidad de enterramiento) no ocasionaron un efecto drástico. Este tipo de respuesta podría traducirse en una ventaja de esta especie para colonizar muy diversos ambientes, que van desde terrenos de cultivo abandonados hasta bordes de bosque. A esta especie se le puede encontrar en una amplia gama de micrositios llegándose a considerar como una maleza ruderal y arvense por diversos autores (Rzedowski y Rzedowski, 1985; Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes, 1993).

Esto podría interpretarse según la teoría de asignación de recursos (Smith, y Fretwell, 1974; Harper, 1977; Westoby, et al., 1992), como una inversión en la producción de una gran cantidad de semillas pequeñas capaces de dispersarse ampliamente y ser atrapadas en diferentes profundidades del suelo de acuerdo con la porosidad del sustrato o con las grietas (Harper, et al., 1970; Westoby, et al., 1992; Chambers y MacMahon, 1994).

El depositarse en sitios cercanos a la superficie del suelo o en sustratos porosos permitirá a las plántulas provenientes de semillas pequeñas emerger más fácilmente evadiendo las barreras físicas que pudieran ofrecerle algunos sustratos (Leishman y Westoby, 1994; Bosy y Reader, 1995; Allen y Meyer, 1998), *R. luteola* disminuyó el tiempo requerido para emerger en los sustratos menos compactos (Fig.26).

S. mexicana fue la única especie dentro de este estudio que presentó la formación de mucílago al comienzo de su germinación y aunque existen ideas divergentes acerca de la importancia ecofisiológica de este, algunas funciones atribuidas a su formación son la absorción de agua, adhesión, regulación de la germinación, y/o almacén de sustancias (Boesewinkeli, 1984) Por lo tanto, se sugiere que *S. mexicana* es una especie que requiere un aporte constante de humedad para la formación y eliminación del mucílago. Esto podría explicar sus bajos valores de germinación en las menores profundidades experimentales y en algunos sustratos(s1); condiciones en las que sus semillas no podrían completar su imbibición debido al deficiente aporte de humedad, lo cual determinaría no solo sus requerimientos para su germinación si no también el posterior establecimiento de la especie(Fig. 16). Los valores de germinación relativamente bajos sugieren que el efecto del mucílago en esta especie no necesariamente favorece de inmediato el incremento en el porcentaje de germinación como encontró Garwood (1985) para *Cavanillesia platifolia*, a menos que haya un almacenamiento considerable de humedad a consecuencia de lluvias constantes, que para *S. mexicana* deslavarían su mucílago proporcionándole humedad suficiente para el desarrollo de sus plántulas.

El proceso de emergencia y el estado de plántula representa un periodo particularmente sensitivo. Durante la fase de emergencia las plántulas requieren una cantidad suficiente de agua para mantener la turgencia de sus células que permitirán una rápida elongación de los cotiledones para poder llegar a emerger (Larcher, 1995)

De acuerdo con estos requerimientos para su establecimiento, en el Ajusco medio *S. mexicana* se distribuye preferentemente en lugares que no presentan un déficit de humedad considerándose así, por Soberón, et al. (1991), como una especie indicadora del bosque denso o borde del bosque.

6. CONCLUSIONES

- El periodo de inicio de la germinación de las tres especies estudiadas fue el resultado de un efecto combinado entre el tipo de sustrato y su capacidad de retención de agua, retrasándose en sustratos poco porosos.
- La germinación y emergencia máxima evaluadas fueron el resultado del efecto combinado entre los factores microambientales y las características morfofisiológicas de las semillas de cada especie.
- En cuanto a la emergencia máxima, las diferencias en el tamaño de las semillas de las tres especies parecen no ofrecer ventajas contrastantes en alguno de los micrositios estudiados, sin embargo es importante considerar que la gama de valores de biomasa promedio de las semillas de estas especies no fue suficiente para poder concluir sobre el efecto del tamaño de semilla en esta variable.
- *M. vulgare* es una especie que requiere periodos de estratificación para eliminar su latencia endógena y poder establecerse en condiciones de humedad favorables.
- *R. luteola* requiere condiciones microambientales menos específicas que las otras especies, además la liberación de un gran número de semillas favorece la colonización de diversos hábitats.
- *S. mexicana* probablemente requiere permanecer periodos largos en el banco de semillas antes del reclutamiento de plántulas.

- El tipo de sustrato que favorecerá el establecimiento de estas especies será aquel que no presente textura demasiado fina, para evitar la compactación y facilitar el desplazamiento del agua.
- La profundidad de enterramiento es un factor que influye en la germinación debido a la interacción de esta con la capacidad de retención de humedad de los diferentes sustratos; en relación con la emergencia influirá como un impedimento mecánico para plántulas pequeñas, como las resultantes de *R. luteola*.
- En general las condiciones de humedad constante favorecieron mayores porcentajes de las respuestas evaluadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, H. N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo I. Facultad de Ciencias. Dirección General de Publicaciones UNAM
- Allen, P. S. y S.E. Meyer. 1998. Ecological aspects of seed dormancy loss. *Seed Science Research* 8:183-191
- Anderson, S. 1990. The relationship between seed dormancy, seed size and weediness in *Crepis tectorum* (Asteraceae) *Oecología* 83:277-280
- Anderson, L. J. y A. J. Winterton. 1996. Germination as a determinant of seedling distributions among natural substrates in *Picea engelmannii* (Pinaceae) and *Abies lamocarpa* (Pinaceae). *American Journal of Botany* 83(1):112-117
- Baker, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, 53:997-1010
- Baker, H.G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. *En: "Ecology of soil seed bank".* Capt. 2. Leck, M. A., V.T. Parker and R. L. Simpson. Academic Press Inc. USA.
- Baskin, C.C. y J. M. Baskin. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. *En: "Ecology of soil seed bank".* Capt. 4. Leck, M. A., V.T. Parker and R. L. Simpson. Academic Press Inc. USA.
- Baskin, C. C. y J. M. Baskin. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy Studies and Germination.* Academic Press, USA.
- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1988. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades.* Ed. Omega. Barcelona España.
- Benitez, B. G. 1986. *Arboles y Flores del Ajusco.* Instituto de Ecología. México. 183 pp.
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9:1055-1066
- Bewley, J. D. y M. Black. 1978. *Physiology and biochemistry seeds in relation to germination.* Volume 1. Development, germination, and growth. Springer-Verlag. New York
- Bewley, J. D. y M. Black. 1985 *Seeds physiology of Development and Germination.* Plenum Press. New York USA, 230 pp.
- Bigwood, D. W. y D. W. Inouye. 1988. Spatial patterns analysis of seed banks: an improved method and optimizing sampling. *Ecology* 69:497-507 .

- Black, C.A. 1975. Relaciones Suelo-Planta. Tomo I. Ed. Hemisferio Sur. Argentina 449 pp.
- Black, J. N. 1956. The influence of seed size and depth of sowing on pre-emergence and early vegetative growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) Australian Journal of Agricultural Research 7:98-109
- Black, J. N. 1959. Seed size in herbage legumes. Herbage abstracts 2: 235-241
- Black, M. 1970. Seed germination and dormancy. Sci. Prog. Oxf 58:379-393
- Block, W. y G. Vannier. 1994. What is ecophysiology?. Two perspectives. Acta Oecologica 15:5-12.
- Boesewinkel, F D. y F. Bouman. 1984. The Seed: Structure *En*: "Embryology of Angiosperms" (B.M. Johri, ed.), pp 567-610. Springer-Verlag, Berlin.
- Bonfil, C., I. Pisanty, A. Mendoza y J. Soberón. 1997. Investigación y Restauración Ecológica: El caso del Ajusco Medio. Ciencia y Desarrollo XXIII (135): 14-23
- Bosy, J.L. y R.J. Reader. 1995. Mechanisms underlying the supression of forb seedlings emergence by grass (*Poa pratensis*) litter. Functional Ecology 9(4):635-637
- Bradford, K. J. 1995. Water relations in seed germination. *En*: "Seed development and germination" (Kigel, J. y G. Galili ed.), Marcell-Dekker, USA
- Chambers J.C., J. A. MacMahon y J.H. Haefmer. 1991. Seed entrapment in alpine ecosystems: Effects of soil particle size and diaspore morphology. Ecology 72:1668-1677
- Chambers J.C y J. A. MacMahon. 1994. A day in the life of seed: Movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. Annual Rev Ecol. Syst. 25:263-292
- Chambers J. C. 1995. Relationships between seed fates and seedlings establishment in an alpine ecosystem. Ecology 76(7):2124-2133
- Chin, H F. y E.H. Roberts. 1980. Recalcitrant crop seeds. Tropical Press, Malaysia.
- Doneen, L. D. y J. H. MacGillivray. 1943. Germination emergence of vegetable seed as affected by different soil moisture conditions. Plant Physiol. 18:524-529
- Egley, G. H. 1995. Seed Germination in soil: Dormancy cycles *En*. Seed Development and Germination. Kigel, J. y G. Galili. Marcel Dekker Inc. New York. USA 853 pp.
- Ellis, R.H., T.D. Hong y E.H. Roberts. 1990. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. Jour. Exp. Bot. 41:1167-1174
- Ellis, R.H. y E. H. Roberts. 1980. The influence of temperature and moisture on seed

viability period in Barley (*Hordeum distichum*). Ann. Bot. 45: 31-37

- Fenner, M. 1978. A comparison of ten abilities of colonizers and closed turf species to establish from seed in artificial swards. *Journal of Ecology*. 66:953-963
- Fenner, M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman & Hall. New York. USA. 151 pp.
- Foster, S. A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *The botanical Review* 52 (3): 260-299
- Foster, S. A. y C. H. Janson. 1985. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. *Ecology* 66(3): 773-780
- Fowler, L. N. 1988. What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date and patch effects. *Ecology* 69(4): 947-961
- Fitzpatrick, E.A. 1978. *Introducción a la Ciencia del suelo*. Publicaciones Cultural.S.A. México
- Garwood, C.N. 1985. The role of mucilage in the germination of cuipo, *Caranillesia platanifolia* (H.&B.) H.B.K. (Bombaceae), a tropical tree. *American J. Bot.* 72(7):1095-1105
- González, M. M. A. 1995. Consecuencias ecológicas de la variación intraespecífica en las curvas de dispersión de semillas en una selva alta perennifolia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 80 pp.
- González-Zertuche, L. y A. Orzco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bol. Soc. Bot. México* 58:15-30
- Granstom, A. 1988. Seed bank at six open and afforested heathland sites in southern Sweden *Journal of Applied Ecology* 25:297-306
- Grant, C. D., D.T. Bell, J. M. Koch y W. Loneragan. 1996. Implications of seedling emergence to site restoration following bauxite mining in western Australian. *Restoration Ecology* 4(2): 146-154.
- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación Limosa. México 136 pp.
- Grime, J.P., J. G. Hodgson y R. Hunt. 1988. *Comparative Plant Ecology: A functional Approach to Common British Plants and Communities*, Unwin-Hyman. London.
- Gross, L.K. 1984. Effects of seed size and growth form on seedlings establishment of six monocarpic perennial plants. *Journal of Ecology* 72: 369-387

- Grubb, P. J. 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*.52:107-145
- Gutteman, Y. y S. Shem-Tov. 1997. Mucilaginous seed coat structure of *Carrichtera annua* and *Anastatica hierochuntica* from the Negev Desert highlands of Israel, and its adhesion to the soil. *Journal of Arid Environments* 35:695-705
- Harper, J. L. 1957. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control preceding of the 4th International Congress of Crop Protection. Vol I Hamburg.
- Harper, J. L., et. al. 1961. The evolution of closely related species living in the same area. *Evolution* 15:209-227
- Harper, J. L., J. T. Williams, y G. R. Sagar. 1965. The behaviour of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *Journal of Ecology* 53:273-286
- Harper, J. L. y M. Obeid. 1967. Influences of seed size and depth of sowing on the establishment and growth of varieties of fiber and oil seed flax. *Crop Science* 7:527-532
- Harper, J. L. , G.K. Lovell y P.H. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 327-356
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press New York 892 pp.
- Hendrx, S.D., E. Nielsen, T. Nielsen y M. Schutt. 1991. Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass an seedling growth in *Pastinaca sativa* L. . *New Phisiology* 119:299-305
- Hong, T. D., S. Linington and R H. Ellis. 1996. Seed storage behaviour: a compedium handbooks for genebanks No. 4. *International Plant Genetic Resources Institute Rome*.
- Horvitz, C.C. y D.W. Schemske. 1994. Effects of dispersers, gaps and predators on dormancy and seedling emergence in a tropical herb. *Ecology* 75(7):1949-1958
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester 1998. *Propagación de plantas. Principios y Prácticas* Ed. C.E.C.S.A. México.
- Howe S. y W. M. Richter. 1982. Effects of seed size on seedling size in *Virola surinamensis*: a within and between tree analysis. *Oecología*. 53:347-351
- Ibarra-Manriquez, G. y K. Oyama. 1992. Ecological correlates of reproductive traits of

mexican rain forest trees. *American Journal of Botany*.79:383-394

- Jurado, E., M. Westoby y D. Nelson. 1991. Diaspore weight, dispersal, growth form and perennality of Central Australian plants. *Journal of Ecology*.79:811-824
- Jackson, J. F. 1981. Seed size as a correlate of temporal and spatial patterns of seed fall in a neotropical forest. *Biotropica* 13:121-130
- Jhonson, E. A. y G. I. Fryer.1992. Physical characterization of seed microsites-movement on the ground. *Journal of Ecology* 80 (4):823-836
- Kaoru K., 1996. Ecophysiology of Tropical tree seedlings en: Tropical forest plant ecophysiology. Mulkey S. Chazdon, R.L. y Smith A.P. (eds)Chapman and Hall. New York.
- Kelly, C. K. 1995. Seed size in tropical trees: a comparative study of factors affecting seed size in Peruvian angiosperms. *Oecologia*.102:377-388
- Kelly, C. K. 1996. Seed mass, habitat conditions and taxonomic relatedness. a re-analysis of Salisbury (1974). *New Phytol.* 135:169-174
- Kermode, A. R. 1990. Regulatory mechanisms involved in the transition from seed development to germinations. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 9:155-195
- Kermode, A.R.1997. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. *Seed Science Research* 7:75-95
- Kigel, J. y G. Galili 1995. Seed Development and Germination.Marcel Dekker Inc. New York,USA. 853 PP.
- King, M. W. y E.H.Roberts.1979 The storage of recalcitrant seeds achievements and possible approaches. Report for the International Board for Plant Genetic Resources FAO. Rome.
- Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Harla. México.
- Lambers, H., F.S. Chapin III y T.L. Pons. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag. New York.
- Larcher, W 1995. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag. Germany.
- Leck, M. A., V T Parker y R. L. Simpson. 1989. Ecology of soil seed bank. Academic Press Inc. USA.
- Leishman, M.R. y M. Westoby. 1994. The role of large seed size in shaded conditions: experimental evidence. *Functional Ecology* 8:205-214

- Margalef, R. 1973. *Ecología*. Omega. Barcelona.
- Marshall, D. L. 1986. Effect of seed size on seedling success in three species of *Sesbania* (Fabaceae) *American journal of Botany*. 73:457-464
- Martínez, M. F. 1994. *Manual básico de sustratos*. Consultoría Oasis. México. 32 pp.
- Martínez B. A. 1995. Aspectos poblacionales de *Salvia mexicana* L. en condiciones contrastantes en el Ajusco, México, D.F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 102 pp.
- Martínez M.L., T. Valverde y P. Moreno-Casasola. 1992. Germination response to temperature, salinity, light and depth of sowing of ten tropical dune species. *Oecologia* 92: 343-353.
- Marzocca, A. 1979. *Manual de Malezas*. 3ª ed. Ed Hemisferio Sur. Argentina.
- Mazer, S. J. 1990. Seed mass of Indiana dune genera and families: taxonomic and ecological correlates. *Evolutionary Ecology*. 4:326-357
- Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Organización de Estados Americanos. Washington D.C.
- Meyer, S. E., E.D. Mc Arthur y G. L. Jorgensen. 1989. Variation in germination response to temperature in rubber rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*: Asteraceae) and its ecological implications. *Amer Jour. Bot.* 76(7):981-991
- Molofsky, J. y C. K. Augspurger. 1992. The effects of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology* 73 (1):68-77
- Orozco-Segovia, A. y C. Vázquez-Yanes. 1993. *Especies invasoras: Su impacto sobre las comunidades bióticas*. Serie Cuadernos de Conservación No. 2. Pronatura. México. D.F. 53 pp.
- Ortíz Rodríguez, J.A. 1989. Contribución al conocimiento de como afecta el tipo de suelo a la germinación y establecimiento de plántulas de *Stenocercus dumortieri*. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. 93 pp.
- Paz, C. L. y C. Vázquez-Yanes. 1998. Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in México
- Peart, M. H. 1984. The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedlings survival. *Journal of Ecology* 72(2):437-453
- Peart, M.H. y H.T. Clifford. 1987. The influence of diaspore morphology and soil surface properties on the distribution of grasses. *Journal of Ecology* 75:569-576

- Platt, W.J. 1975. The colonization and formation of equilibrium plant communities on badger disturbances in a tall-grass prairie. *Ecological monographs*. 45:285-305
- Reader, R. J. 1991. Relationship between seedling emergence and species frequency on a gradient of ground cover density in an abandoned pasture. *Canadian Journal of Botany*. 69:1397-1401
- Reader, R.J. 1993. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. *Journal of Ecology* 1:169-175.
- Reader's Digest. (editor). *Plantas Medicinales: Virtudes insospechadas de plantas conocidas*. 1995. México.
- Reyes-Ortega, M.I. 1997. Estudio sobre la germinación de semillas de tres especies de Lamiaceas del sur del Valle de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 84 pp.
- Rice, B. y M. Westoby. 1986. Evidence against the hypothesis that ant-dispersed seeds reach nutrient-enriched microsites. *Ecology* 67 (5):1270-1274.
- Roberts, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci & Technol*. 1:499-514
- Robledo, J. A. 1997 Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D.F. Efecto del tamaño de la semilla. Tesis de Licenciatura. F.E S.C Zaragoza, U.N.A.M. 70 pp.
- Rzedowski, J y G. C. de Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología. México. Tomo II. pp.291-297
- Salisbury, E. J 1942. The reproductive capacity of plants. Bell & Sons, London.
- Salisbury, S. E. 1974. Seed size and mass in relation to environment *Proceedings of the Royal Society Series B* 186:83-88
- Salisbury F.B. y C.W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. 4ª ed. Grupo Editorial Iberoamérica. 759 pp.
- Sánchez, S. O. 1976. La flora del Valle de México. Ed. Herrero. México. 519 pp.
- Seiwa, K. y K. Kikuzawa. 1999. Importance of seed size for the establishment of seedlings of five deciduous broadleaved tree species. *Vegetatio* 123:51-69
- Silva, P. C. R. 1996. Demografía comparativa de *Pachycerus pringlei* en dos unidades geomórficas contrastantes del paisaje en Baja California Sur, México Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. U.N.A.M.

- Smith, C.C. y S.D. Fretwell. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist*, 146:685-707
- Soberón, J., E. De la Maza, A. Hernández, C. Bonfil, S. Careaga, J. Gamboa, H. García y G. Espinoza. 1991. Reporte técnico final del 1er. Año del proyecto "Restauración ecológica de Lomas de Seminario". Centro de Ecología, U.N.A.M. Coordinación General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, D.D.F.
- Thompson, K. 1978. The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients. *Journal of Biogeography* 5: 425-430.
- Thompson, K. 1992. The functional ecology of seed banks en *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Fenner (ed) CAB International, Wallingford.UK.
- Thompson y Grime 1979. Seasonal variation in seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67:893-921
- Thompson K., S. R. Band y J.G. Hodgson. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* 7 (2) 236-241.
- Vázquez- Yanes C. 1992 . La Fisiología ecológica de las plantas. *Ciencias*.6:63-68
- Vázquez- Yanes C. y A. Orozco-Segovia. 1992. Effects of litter from a tropical rainforest on tree seed germination and establishment under controlled conditions *Tree physiology* 11: 391-400
- Vazquez-Yanes, C. y J. R. Toledo. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. *Problemas y aplicaciones. Bol. Soc. Bot. México*. 49:61-69
- Vázquez-Yanes C., A. Orozco-Segovia, M. Rojas-Arechiga, M.E. Sánchez-Coronado y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica. Colección la Ciencia para todos. Vol 157. 167 pp.
- Venable, L.D. y J.S. Brown. 1988. The Selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environment. *The American Naturalist* 131(3): 360-384
- Villarias-Moradillo, J.L.1979. Control de malas hierbas. Atlas de Malas Hierbas.Vol 1. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Volkmar, K.M. 1994. Pre-germination effects on mechanically impeded root growth of

barley (*Hordeum vulgare* L.) Plant and soil 163:197-202 (compactacion del suelo limitacion de la raíz)

- Washitani, I. y A. Takenaka. 1986. Safe sites for the seed germination of *Rhus javanica*: a characterization by responses to temperature and light. *Ecological Research* 1:71-82
- Weis, I. M. 1982. The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsuta*. *Canadian Journal of Botany* 60:1868-1874
- Weller, S.G. 1989. The effects of disturbance scale on sand dune colonization by *Lithospermum carolinense*. *Ecology* 70:1244-1251
- Westoby, M., E. Jurado y M. Leishman. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends Ecol. Evol.* 7(11):368-372
- Wild, A. 1993. *Soils and the environment: an introduction*. Cambridge-University Press. Great Britain
- Winn A. A. 1985. Effects of seed size and microsite on seedling emergence of *Prunella vulgaris* in four habitats. *Journal of Ecology*. 73:831-840
- Winn, A. A. y T. E. Miller. 1995. Effect of density on magnitude of directional selection on seed mass and emergence time in *Plantago wrightiana* (Plantaginaceae). *Oecología* 103:365-370 tam sem, emergencia, selección y competencia
- Witkamp, M. 1971. Soils as components of ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Systm* 2:85-110
- Wulff, R. D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*. II Effects on seedlings growth and physiological performance. *Journal of Ecology* 74:99-114
- Zaady, E., Y. Guterman y B. Boeken. 1997. The germination of mucilaginous seeds of *Plantago coronopus*, *Rebouda pinnata* and *Camchta annua* on cyanobacterial soil crust from The Negev Desert. *Plant and Soil* 190:247-252
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. Second Edition. U.S.A. 718 pp.

8. ANEXO

TABLAS DE ANALISIS ESTADISTICO

Tabla 1.- Análisis de varianza de la capacidad germinativa de *M. vulgare*, según la condición de siembra y tratamiento de luz.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: CONDICION DE SIEMBRA (CS o LAB)	1	115.11230	115 112	0.235	0.6461
B: TRATAMIENTO DE LUZ (Iz u os)	1	116.00815	116.008	0.236	0.6449
A*B	1	3335.0307	3335.03	6.797	0.0313

Tabla 2.- Análisis de varianza de la capacidad germinativa de *R. luteola*, según la condición de siembra y tratamiento de luz.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG
A: CONDICION DE SIEMBRA (CS o LAB)	1	35 6151	35 6151	0.254	0.6330
B: TRATAMIENTO DE LUZ (Iz u os)	1	230.990	230.990	1.648	0.2351
A*B	1	372.498	372.498	2.658	0.1417

Tabla 3.- Análisis de varianza de la capacidad germinativa de *S. mexicana*, según la condición de siembra y tratamiento de luz

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: CONDICION DE SIEMBRA (CS o LAB)	1	78.0630	78.0639	2.505	0.1522
B: TRATAMIENTO DE LUZ (Iz u os)	1	635.723	635.723	20.398	0.0020
A*B	1	250.453	250.453	8.036	0.0220

Tabla 4. Análisis de varianza del tiempo de inicio de la germinación de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	1301.031	433.6770	62 512	0.001
B: PROFUNDIDAD	3	48.6146	16.20486	2.336	0.821
C. HUMEDAD	1	41.3438	41.34375	5.959	0.017
A * B	9	40.84375	4 538194	0 654	0.746
A * C	3	52 03125	17 34375	2.5	0.067
B * C	3	19 78125	6.593750	0.95	0.421
ABC	9	291.3437	32.37152	4.88	0.001

Tabla 5. Análisis de varianza del tiempo de inicio en la germinación de *R. luteola*.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	412.6145	137.5381	37.617	0.0001
B: PROFUNDIDAD	3	5 614581	1.87153	0.512	0.6755
C HUMEDAD	1	29.26042	29.26042	8.003	0.0062
A * B	9	76.34375	8.482639	2.320	0.0250
A * C	3	25.94792	8.649306	2.366	0.0792
B * C	3	39.28125	13.09375	3.581	0.0185
ABC	9	116.6770	12.96412	3.546	0.0013

Tabla 6. Análisis de varianza del tiempo de inicio de la germinación de *S. mexicana*.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	1094.2083	64.73611	16.940	0.0001
B: PROFUNDIDAD	3	176.7083	58.90278	2.736	0.0508
C. HUMEDAD	1	165.3750	165.3750	7.681	0.0073
A * B	9	74.3750	8.26289	0.384	0.9387
A * C	3	305.3750	101.79167	4.728	0.0048
B * C	3	28.7850	9.6250	0.447	0.7202
ABC	9	592.04167	65.78241	3.055	0.0042

Tabla 7 Análisis de varianza de la germinación máxima de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	5589.7709	1863.2570	12.535	0.001
B: PROFUNDIDAD	3	1008.3001	336.1000	2.261	0.0898
C: HUMEDAD	1	2299.5056	2299.5056	15.470	0.002
A * B	9	4027.0001	447.44446	3.010	0.0047
A * C	3	29.03.8755	967.95850	6.512	0.0006
B * C	3	2644.0320	881.34399	5.929	0.0012
ABC	9	1918.9823	213.22026	1.434	0.1925

Tabla 8 Análisis de varianza de la germinación máxima de *R. luteola*.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	567.2984	189.0995	2.535	0.0646
B: PROFUNDIDAD	3	478.4139	159.4713	2.137	0.1042
C: HUMEDAD	1	2419.9447	2419.9447	32.435	0.0001
A * B	9	498.4009	55.37787	0.742	0.6690
A * C	3	1767.0682	589.02275	7.895	0.0001
B * C	3	939.6856	313.22852	4.198	0.0089
ABC	9	1851.3911	205.71013	2.757	0.0087

Tabla 9. Análisis de varianza de la germinación máxima de *S. mexicana*.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	1950.3634	650.1211	5.727	0.0016
B: PROFUNDIDAD	3	5636.7236	1878.9079	16.551	0.0001
C HUMEDAD	1	3225.5516	3225.5516	28.414	0.0001
A * B	9	1795.4586	199.49540	1.757	0.0942
A * C	3	285.0003	95.	0.837	0.4786
B * C	3	898.319	299.43966	2.638	0.0571
ABC	9	2199.7725	244.41917	2.153	0.0373

Tabla 10.- Ajustes de las curvas de los arcosenos de los porcentajes de la germinación acumulada en el tiempo de *M. vulgare*, en cada uno de los tratamientos

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE $y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$						Parámetros		
Tratamiento	R ²	E.S.	F	P	a	b	c	
s1 0.2 PH	0.727	8.746	88.1236	0.0001	30.622	3.648E12	4.390	
s1 0.5	0.770	17.438	155.855	0.0001	78.658	166.3502	0.594	
s1 1.0	0.706	17.790	71.9909	0.0001	57.520	2.001E13	4.655	
s1 2.0	0.916	9.704	326.829	0.0001	66.490	2.132E18	6.498	
s2 0.2 PH	0.817	4.291	167.388	0.0001	27.875	5.392E9	8.473	
s2 0.5	0.630	13.324	79.2642	0.0001	62.595	5.330239	0.159	
s2 1.0	0.798	10.135	118.828	0.0001	56.487	7.4460E7	6.682	
s2 2.0	0.741	15.333	86.0001	0.0001	72.572	16.56642	0.544	
s3 0.2 PH	0.669	8.601	94.1250	0.0001	32.815	18.72614	0.302	
s3 0.5	0.792	12.690	143.114	0.0001	56.815	3586.948	1.132	
s3 1.0	0.870	8.614	252.024	0.0001	63.049	20.84919	0.483	
s3 2.0	0.902	7.523	344.342	0.0001	57.769	182.5113	0.769	
s4 0.2 PH	0.970	5.247	1488.40	0.0001	62.802	1.153E12	1.446	
s4 0.5	0.672	14.643	95.3695	0.0001	51.518	935.1919	0.400	
s4 1.0	0.875	8.055	326.281	0.0001	63.617	20.2212	0.474	
s4 2.0	0.737	13.202	130.408	0.0001	48.909	57866.28	0.639	
s1 0.2 HC	0.750	16.094	112.384	0.0001	69.424	63.7298	0.420	
s1 0.5	0.569	22.622	61.2901	0.0001	69.484	442.895	0.964	
s1 1.0	0.908	7.654	459.873	0.0001	68.595	15.1342	0.303	
s1 2.0	0.789	15.669	112.231	0.0001	74.822	199.916	0.958	
s2 0.2 HC	0.884	10.594	355.252	0.0001	76.748	36.8940	0.367	
s2 0.5	0.878	11.500	216.248	0.0001	64.206	27213E16	5.797	
s2 1.0	0.805	12.614	124.016	0.0001	71.496	1.6841E6	5.042	
s2 2.0	0.832	9.0128	148.306	0.0001	56.111	4.2036E6	5.559	
s3 0.2 HC	0.924	8.7762	567.937	0.0001	75.833	1709.684	0.883	
s3 0.5	0.764	12.736	150.468	0.0001	72.924	8.08120	0.322	
s3 1.0	0.874	9.8815	323.102	0.0001	66.914	375.7993	0.821	
s3 2.0	0.878	10.006	335.124	0.0001	77.651	26.94046	0.506	
s4 0.2 HC	0.807	9.8502	194.970	0.0001	60.443	13.39764	0.203	
s4 0.5	0.829	7.8726	226.200	0.0001	37.728	2.7586E9	1.145	
s4 1.0	0.833	9.6343	232.815	0.0001	48.527	17092.67	0.555	
s4 2.0	0.848	6.8572	260.003	0.0001	38.206	2926.021	0.521	

Tabla 11 Ajustes de las curvas de los arcosenos de los porcentajes de germinación acumulada en el tiempo de *R. futeola*, en cada uno de los tratamientos.

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE $y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$					Parámetros			
Tratamiento		r ²	E.S.	F	P	a	b	c
S1	0.2 PH	0.664	10.003	91.9707	0.0001	39.698	101.46464	0.8101
S1	0.5	0.761	10.277	148.415	0.0001	46.440	73.827397	0.5384
S1	1.0	0.711	12.166	73.7011	0.0001	47.688	5.10793E7	4.7298
S1	2.0	0.680	10.985	63.8308	0.0001	41.214	186.97130	1.2943
S2	0.2 PH	0.861	6.1723	288.409	0.0001	41.782	42.142610	0.3198
S2	0.5	0.809	7.4726	126.946	0.0001	43.860	15.279848	0.6090
S2	1.0	0.874	7.8901	259.748	0.0001	45.525	1919.0073	0.6978
S2	2.0	0.921	5.3187	438.582	0.0001	45.168	2902.8826	1.2137
S3	0.2 PH	0.754	8.0004	142.679	0.0001	35.714	115.27573	0.3883
S3	0.5	0.867	6.0012	302.611	0.0001	44.879	23.124800	0.4542
S3	1.0	0.926	4.7336	584.525	0.0001	0.6634	2.714978	0.0358
S3	2.0	0.926	4.7667	467.756	0.0001	50.972	15.605661	0.6017
S4	0.2 PH	0.718	9.5013	118.541	0.0001	39.820	25.954100	0.3312
S4	0.5	0.856	9.9474	277.086	0.0001	56.300	453.58016	0.4821
S4	1.0	0.798	9.3337	183.960	0.0001	58.530	18.019528	0.1763
S4	2.0	0.845	9.6185	204.343	0.0001	52.629	314.70370	0.7631
S1	0.2 HC	0.954	4.6187	782.624	0.0001	54.025	531.42878	1.0611
S1	0.5	0.871	7.8562	253.527	0.0001	56.751	492.62544	1.6565
S1	1.0	0.855	10.748	220.827	0.0001	73.074	17.196286	0.4825
S1	2.0	0.595	21.288	55.1238	0.0001	68.516	32.889199	0.5139
S2	0.2 HC	0.887	6.0662	363.443	0.0001	53.403	10.170580	0.3896
S2	0.5	0.827	9.6432	179.034	0.0001	58.389	33.268260	0.5820
S2	1.0	0.822	10.768	139.902	0.0001	60.974	59.071748	0.7562
S2	2.0	0.901	7.1539	422.856	0.0001	59.795	395.98124	0.9585
S3	0.2 HC	0.871	8.5821	314.682	0.0001	67.432	11.057580	0.3198
S3	0.5	0.856	7.5547	277.097	0.0001	57.219	15.533812	0.4938
S3	1.0	0.882	7.3297	347.772	0.0001	62.060	12.012984	0.4028
S3	2.0	0.943	4.1443	770.499	0.0001	53.866	16.606001	0.5752
S4	0.2 HC	0.754	11.563	142.355	0.0001	57.186	18.081355	0.3772
S4	0.5	0.789	9.4901	173.651	0.0001	44.275	163.53151	0.4636
S4	1.0	0.858	8.3488	281.642	0.0001	44.069	213465.69	0.9493
S4	2.0	0.929	4.8602	614.204	0.0001	39.501	198776.28	1.1480

Tabla 12. Ajustes de las curvas de los arcosenos de los porcentajes de germinación acumulada en el tiempo de *S. mexicana*, en cada uno de los tratamientos.

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE $y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$				Parámetros			
Tratamiento	r ²	E.S.	F	P	a	b	c
S1 0.2 PH	-	-	-	-	-	-	-
S1 0.5	0.839	4 8574	195.457	0.0001	24.672	8.0422E12	4.5122
S1 1.0	0.847	5 7350	165.576	0.0001	27.973	1.6634E18	6.4606
S1 2.0	0.958	1.8022	687.553	0.0001	17.922	3.5919E17	6.2142
S2 0.2 PH	0.519	4 5674	32.8729	0.0001	12.760	12996.937	0.4157
S2 0.5	0.685	8.3317	81.5380	0.0001	26.940	2.61763E8	1.4495
S2 1.0	0.840	7.8699	244.830	0.0001	45.868	55.434648	0.3098
S2 2.0	0.896	7.4518	402.132	0.0001	54.440	74.111015	0.3887
S3 0.2 PH	0.550	6.8369	57.5300	0.0001	24.070	64.485501	0.2072
S3 0.5	0.759	8.7614	94.3540	0.0001	32.452	5.8150E16	5.7560
S3 1.0	0.900	5.9932	270.751	0.0001	39.803	1320.0559	0.9365
S3 2.0	0.885	4.9459	357.768	0.0001	42.545	8.9918312	0.2969
S4 0.2 PH	0.870	6.8466	309.335	0.0001	36.901	6.7935E15	1.8690
S4 0.5	0.829	5.7378	147.764	0.0001	27.782	4.8343E11	1.4066
S4 1.0	0.894	6.0750	390.166	0.0001	40.046	6.23469E7	0.9426
S4 2.0	0.853	8.8762	269.493	0.0001	48.299	3.38835E6	0.8011
S1 0.2 HC	0.537	7.5264	53.8239	0.0001	37.458	32.528399	0.1396
S1 0.5	0.784	6.2663	109.028	0.0001	24.975	1.4339E12	4.2436
S1 1.0	0.773	6.2202	158.613	0.0001	34.069	11.113069	0.2000
S1 2.0	0.434	20.565	35.5907	0.0001	56.810	24.456738	0.1903
S2 0.2 HC	0.895	5.5461	394.241	0.0001	43.704	24.665929	0.2539
S2 0.5	0.888	5.4605	367.880	0.0001	39.432	37.635486	0.4124
S2 1.0	0.931	4.5830	632.343	0.0001	42.750	52.502237	0.4360
S2 2.0	0.866	8.8964	299.558	0.0001	65.019	18.566325	0.2067
S3 0.2 HC	0.773	5.2923	158.693	0.0001	30.434	9.1764282	0.2966
S3 0.5	0.834	7.0141	233.555	0.0001	44.724	49.176438	0.6170
S3 1.0	0.773	6.2202	158.613	0.0001	34.069	11.11306	0.2000
S3 2.0	0.778	8.7473	162.895	0.0001	47.225	12.964764	0.2413
S4 0.2 HC	0.587	12.751	66.0860	0.0001	44.030	32.833442	0.2119
S4 0.5	0.673	16.917	95.7903	0.0001	57.344	1.09972E9	1.0856
S4 1.0	0.891	6.3782	380.396	0.0001	41.822	152754.40	0.6530
S4 2.0	0.877	5.7089	333.164	0.0001	38.961	2335.2877	0.4296

Tabla 13. Análisis de varianza de la tasa máxima de germinación de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	11659.299	3886.4329	5.356	0.0024
B: PROFUNDIDAD	3	9495.273	3165.0909	4.362	0.0074
C: HUMEDAD	1	1102.211	1102.2115	1.519	0.2223
A * B	9	15788.636	1754.2928	2.418	0.0197
A * C	3	15054.061	5018.0205	6.916	0.0004
B * C	3	1821.141	607.0469	0.837	0.4787
ABC	9	16324.860	1813.8733	2.500	0.0162

Tabla 14 Análisis de varianza de la tasa máxima de germinación de *R. luteola*.

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	847.08237	282.36079	9.016	0.0000
B. PROFUNDIDAD	3	328.64727	109.54909	3.498	0.0204
C. HUMEDAD	1	44.41689	44.41689	1.418	0.2381
A * B	9	295.02273	32.78030	1.047	0.4139
A * C	3	22.31493	7.43831	0.238	0.8699
B * C	3	154.11389	51.37130	1.640	0.1888
ABC	9	928.14007	103.12667	3.293	0.0024

Tabla 15. Análisis de varianza de la tasa de germinación de *S. mexicana*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	389.63373	129.87791	1.348	0.2669
B. PROFUNDIDAD	3	810.06036	270.02012	2.803	0.0470
C. HUMEDAD	1	518.07594	518.07594	5.377	0.0237
A * B	9	560.52273	62.28030	0.646	0.7531
A * C	3	212.79897	70.93299	0.736	0.5343
B * C	3	223.28883	74.42961	0.773	0.5137
ABC	9	988.90873	109.87875	1.140	0.3486

Tabla 16. Análisis de varianza del día de inicio de la emergencia de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	1867.75	622.5833	14.882	0.0001
B: PROFUNDIDAD	3	102.75	34.25	0.819	0.4883
C: HUMEDAD	1	4.1667	4.16667	0.100	0.7567
A * B	9	409	45.4444	1.086	0.3853
A * C	3	273.5833	91.1944	2.180	0.0990
B * C	3	16.91667	5.6388	0.135	0.9390
ABC	9	253	28.1111	0.672	0.7311

Tabla 17. Análisis de varianza del día de inicio de la emergencia de *R. luteola*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	2398.3646	799.45486	11.996	0.0001
B. PROFUNDIDAD	3	111.5312	37.17708	0.558	0.6448
C. HUMEDAD	1	4.5938	4.59375	0.069	0.7965
A * B	9	92.67708	10.297454	0.155	0.9975
A * C	3	142.69792	47.565972	0.714	0.5474
B * C	3	59.69792	19.899306	0.299	0.8263
ABC	9	448.84375	49.871528	0.748	0.6635

Tabla 18. Análisis de varianza del día de inicio de la emergencia de *S. mexicana*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	179.28125	59.760417	2.737	0.0507
B: PROFUNDIDAD	3	278.86458	92.954861	4.257	0.0083
C: HUMEDAD	1	61.76042	61.760417	2.829	0.0975
A * B	9	212.01042	23.556713	1.079	0.3905
A * C	3	49.19792	16.399306	0.751	0.5257
B * C	3	89.61458	29.871528	1.368	0.2605
ABC	9	578.92708	64.325231	2.946	0.0055

Tabla 19. Análisis de varianza de la emergencia máxima de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	5866.302	1955.434	4.283	0.0081
B: PROFUNDIDAD	3	2132.111	710.704	1.557	0.2086
C: HUMEDAD	1	38530.829	38530.829	84.387	0.0001
A * B	9	1962.0665	218.0074	0.477	0.8845
A * C	3	1273.0274	424.3425	0.929	0.4318
B * C	3	792.4862	264.1621	0.579	0.6312
ABC	9	9026.2063	1002.9118	2.197	0.0336

Tabla 20. Análisis de varianza de la emergencia máxima de *R. luteola*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	157888.633	5262.878	10.069	0.0001
B: PROFUNDIDAD	3	6097.977	2032.659	3.889	0.0129
C: HUMEDAD	1	15360.491	15360.491	29.387	0.0001
A * B	9	5782.0816	642.4535	1.229	0.2935
A * C	3	6714.4263	2238.1421	4.282	0.0081
B * C	3	3393.2516	1131.0839	2.164	0.1009
ABC	9	5767.7726	640.8636	1.226	0.2952

Tabla 21. Análisis de varianza de la emergencia máxima de *S. mexicana*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG.
A: SUSTRATO	3	1573.938	524.646	0.735	0.5347
B: PROFUNDIDAD	3	1190.710	396.903	0.556	0.6458
C: HUMEDAD	1	22215.913	22215.913	31.141	0.0001
A * B	9	6242.8139	693.64599	0.972	0.4712
A * C	3	1256.4987	418.83290	0.587	0.6257
B * C	3	1512.8341	504.27804	0.707	0.5514
ABC	9	6832.4359	759.159545	1.064	0.4011

Tabla 22.- Ajuste de la curvas de los arcosenos de los porcentajes de la emergencia acumulada en el tiempo de *M. vulgare*, en cada uno de los tratamientos

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE							Parámetros		
$y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$									
Tratamiento			r ²	E.S.	F	P	a	B	C
s1	0.2	PH	0.9795	1.8070	763.2235	0.00001	24.8725	1.5002E13	0.9485
s1	0.5		0.9538	4.6693	1330.594	0.00001	41.6924	1.4098E18	6.4141
s1	1.0		0.6672	11.4030	38.0929	0.00001	31.8585	1.0418E12	4.1666
s1	2.0		0.8557	3.6556	115.6805	0.00001	17.2606	1.1296E18	6.3977
s2	0.2	PH	0.9351	3.2363	281.02	0.00001	24.5777	6.8124E08	2.7968
s2	0.5		0.9298	6.6851	258.3943	0.00001	47.7745	4.2519E07	1.7122
s2	1.0		0.9862	2.6759	1179.5657	0.00001	46.1764	5.8972E07	1.7917
s2	2.0		0.8777	5.29114	136.3996	0.00001	28.0729	6.8068E08	2.9336
s3	0.2	PH	0.8818	4.5072	126.8566	0.00001	31.2573	1.5248E12	1.2051
s3	0.5		0.5933	3.9383	21.154	0.00001	12.4720	9.46518	1.7376
s3	1.0		0.9159	3.2440	195.99	0.00001	25.1771	52576.174	0.4974
s3	2.0		0.7110	11.0015	47.9749	0.00001	39.6256	68.93	0.2076
s4	0.2	PH	0.7876	17.6385	77.8583	0.00001	81.1858	63.1855	0.2147
s4	0.5		0.7199	17.8705	44.9935	0.00001	59.6788	71550.24	0.8491
s4	1.0		0.7585	5.4869	62.8105	0.00001	19.7365	12108.154	0.7243
s4	2.0		0.9966	1.6964	5289.45	0.00001	60.7663	7.2982E5	0.9340
s1	0.2	HC	0.9699	7.49029	726.0103	0.00001	85.0314	1.0774E10	3.4303
s1	0.5		0.9590	9.05478	432.6911	0.00001	88.2573	3.0748E08	2.6884
s1	1.0		0.8996	11.3243	170.3388	0.00001	66.1029	9.9502E13	4.8735
s1	2.0		0.9306	9.0915	221.2576	0.00001	67.9603	4.5352E09	3.2925
s2	0.2	HC	0.9296	10.5675	211.4239	0.00001	76.7446	3.8979E12	4.3556
s2	0.5		0.4537	30.1285	18.6908	0.00001	54.6190	3.9175E11	4.0069
s2	1.0		0.9180	12.4204	184.7035	0.00001	86.1750	1.6657E08	2.7196
s2	2.0		0.9069	8.2310	160.7393	0.00001	57.5697	390.4485	0.6088
s3	0.2	HC	0.9444	7.1905	305.9061	0.00001	68.4722	2237.05	0.4091
s3	0.5		0.9674	5.7012	504.1929	0.00001	63.9491	504392.41	1.1784
s3	1.0		0.9696	2.8539	576.2036	0.00001	37.7558	2.5879E06	0.7107
s3	2.0		0.8733	8.2202	124.0567	0.00001	52.2463	62279.61	0.5272
s4	0.2	HC	0.9636	5.5763	476.8106	0.00001	59.7471	1.1862E06	1.3344
s4	0.5		0.9232	9.5455	204.416	0.00001	68.2350	197757.73	1.0303
s4	1.0		0.8727	13.0198	123.3577	0.00001	77.3073	8.7967E08	1.0100
s4	2.0		0.9462	6.6815	308.1051	0.00001	58.4026	71803.91	0.8518

Tabla 23. Ajustes de las curvas de los arcosenos de los porcentajes de emergencia acumulada en el tiempo de las plántulas de *R. juteola*, en cada uno de los tratamientos.

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE $y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$					Parámetros		
Tratamiento	r ²	E.S.	F	P	a	b	c
S1 0.2 PH	0.9435	7.8266	300.4600	0.00001	63.1745	1.9239E12	3.1626
S1 0.5	0.9726	5.0307	640.2514	0.00001	59.4527	3.1156E09	2.3572
S1 1.0	0.9011	11.0938	163.9466	0.00001	66.2936	6.8323E09	2.4528
S1 2.0	0.9543	8.52391	316.2448	0.00001	81.4667	6.9777E07	1.7035
S2 0.2 PH	0.6536	13.8239	33.9588	0.00001	38.5530	2.3088	1.7028
S2 0.5	0.8796	11.2916	164.3880	0.00001	64.3610	2034.7316	1.1676
S2 1.0	0.8101	9.8734	76.7907	0.00001	44.1799	324.9969	0.6823
S2 2.0	0.9378	4.4593	271.2463	0.00001	35.8832	2.4141E07	1.6350
S3 0.2 PH	0.6821	7.702170	24.67538	0.00001	21.4569	6.2653E17	6.2893
S3 0.5	0.9361	2.809354	168.5230	0.00001	22.11133	2052.8454	0.9780
S3 1.0	0.8525	3.032083	98.25116	0.00001	20.70815	65319.702	0.7075
S3 2.0	0.4129	5.4391	12.6593	0.00007	9.0115	1.9522E12	3.1642
S4 0.2 PH	0.352993	17.820974	13.093916	0.00003	34.955129	23.0109	0.141479
S4 0.5	0.907821	5.4009332	231.4392	0.00000	42.6535	4.5028E12	0.956192
S4 1.0	0.641982	5.974587	31.380232	0.00000	15.846338	2.2314E14	1.057775
S4 2.0	-	-	-	-	-	-	-
S1 0.2 HC	0.9545	8.1516	426.6576	0.00001	80.5236	869340.35	1.4116
S1 0.5	0.987896	4.755921	1469.1443	0.00001	84.958599	7.9757E10	2.747092
S1 1.0	0.782552	17.981299	70.1767	0.00001	79.784659	65.414601	0.391988
S1 2.0	0.904803	9.294451	209.10088	0.00001	58.815414	802005.14	2.244943
S2 0.2 HC	0.902728	13.2114	162.4083	0.00001	80.022046	3.00093E8	1.798080
S2 0.5	0.968847	7.309138	699.7504	0.00001	83.0664	3080.2458	0.772329
S2 1.0	0.931240	8.469531	243.7809	0.00001	63.0672	3.9224E6	1.558514
S2 2.0	0.743151	17.572632	65.10036	0.00001	65.315671	68.439174	0.501739
S3 0.2 HC	0.994647	3.322827	3623.6151	0.00001	88.952838	1.89938E8	1.998296
S3 0.5	0.953709	8.848266	370.8513	0.00001	80.248554	3.55007E8	2.041622
S3 1.0	0.824126	9.755263	53.8879	0.00001	42.4101	1.50282E7	1.625809
S3 2.0	0.766962	10.167219	59.240629	0.00001	40.391833	213.9456	0.631472
S4 0.2 HC	0.952330	8.516595	469.4806	0.00001	94.078550	58.897159	0.163584
S4 0.5	0.964714	5.742853	451.10482	0.00001	67.302289	4.2811E11	0.884085
S4 1.0	0.808721	12.003433	107.81348	0.00001	54.107760	2.47073E6	0.4700
S4 2.0	0.809982	14.2443	61.808648	0.00001	68.562167	2.5125E11	0.923289

Tabla 24. Ajustes de las curvas de los arcosenos de los porcentajes de la emergencia acumulada en el tiempo de las plántulas de *S. mexicana*, en cada uno de los tratamientos.

FUNCION EXPONENCIAL SIGMOIDE $y=(a/(1+b*(exp(-c*x))))$					Parámetros		
Tratamiento	r ²	E.S.	F	P	a	b	c
s1 0.2 PH	0.502139	20.875064	24.206213	0.00001	52.072316	11.472889	0.282561
s1 0.5	0.862530	9.147359	103.52629	0.00001	55.944139	40.228987	0.418861
s1 1.0	0.932627	7.483707	186.8763	0.00001	60.502577	75.548494	0.474829
s1 2.0	0.977559	3.234422	500.9578	0.00001	41.520634	4.46581E6	1.444732
s2 0.2 PH	0.840176	6.588170	86.738766	0.00001	32.479458	641038.83	1.115075
s2 0.5	0.298877	26.171161	5.754848	0.00828	37.267934	65.786689	0.431232
s2 1.0	0.990090	2.109164	1798.4807	0.00001	41.546121	5.93703E9	2.278202
s2 2.0	0.953009	3.82300	365.0587	0.00001	35.103280	536700.05	1.137357
s3 0.2 PH	0.837479	4.419842	59.260188	0.00001	23.294999	254.9037	2.092580
s3 0.5	0.347825	12.403384	7.1999	0.00312	17.227841	5.36513E9	2.270597
s3 1.0	0.807922	11.305833	60.990536	0.00001	81.279102	87.817409	0.17674
s3 2.0	0.742913	9.515832	39.011566	0.00001	34.623414	1.26102E7	2.131660
s4 0.2 PH	0.410238	10.175986	14.607643	0.00001	26.791235	4.118272	0.3840
s4 0.5	0.717330	9.30300	45.678614	0.00001	33.078631	459.50912	0.678537
s4 1.0	0.803148	7.502842	85.67945	0.00001	38.12095	19.440519	0.257229
s4 2.0	0.822648	5.754694	48.704525	0.00001	25.46502	2.34591E6	1.369428
s1 0.2 HC	0.884826	10.9906	103.7140	0.00001	80.1971	6.908157	0.2945
s1 0.5	0.83864	14.94604	109.14382	0.00001	83.3746	15.5656	0.3648
s1 1.0	0.93089	6.313270	282.8756	0.00001	49.53116	181.5646	0.5287
s1 2.0	0.5891	22.1629	27.96722	0.00001	67.219957	12.195257	0.374973
s2 0.2 HC	0.881951	11.990592	156.8933	0.00001	83.76162	9.918540	0.317272
s2 0.5	0.89943	12.8746	187.8150	0.00001	80.38754	711.5815	0.70062
s2 1.0	0.938677	5.817288	321.4498	0.00001	53.26397	26.163362	0.383792
s2 2.0	0.957353	5.553188	471.4161	0.00001	51.7600	104363.58	1.046627
s3 0.2 HC	0.8930	13.5200	112.67120	0.00001	88.1105	32.536768	0.369172
s3 0.5	0.793553	10.6156	80.72113	0.00001	51.59193	13.248927	0.297461
s3 1.0	0.920702	10.9500	278.6577	0.00001	82.91703	66.91019	0.463952
s3 2.0	0.898629	9.529899	186.1605	0.00001	66.39606	24.8101	0.346792
s4 0.2 HC	0.698090	14.320179	48.557216	0.00001	66.433404	4.312650	0.253239
s4 0.5	0.226887	27.763476	3.961889	0.00001	44.3607	7.268164	0.178796
s4 1.0	0.709934	18.076516	47.7263	0.00001	55.448944	4.7020E7	1.732692
s4 2.0	0.918985	7.292581	238.2138	0.00001	52.653774	267.2419	0.549153

Tabla 25. Análisis de varianza de la tasa máxima de emergencia de *M. vulgare*

FUENTE	g. l.	S C	CM	F	SIG.
A. SUSTRATO	3	17684.662	5894.887	7.266	0.0003
B. PROFUNDIDAD	3	6290.336	2096.779	2.585	0.0609
C: HUMEDAD	1	15251.375	15251.375	18.800	0.0001
A * B	9	6675.0070	741.6674	0.914	0.5187
A * C	3	6082.4569	2027.4856	2.499	0.0674
B * C	3	2624.9978	874.9993	1.079	0.3645
ABC	9	5783.4976	642.6108	0.792	0.6246

Tabla 26. Análisis de varianza de la tasa máxima de emergencia de *R. juteola*

FUENTE	g. l.	S.C.	CM	F	SIG
A: SUSTRATO	3	32712.363	10904.121	6.077	0.0010
B. PROFUNDIDAD	3	12700.528	4233.509	2.359	0.0798
C: HUMEDAD	1	68.681	68.681	0.038	0.8476
A * B	9	10923.855	1213.7617	0.676	0.7272
A * C	3	12348.430	4116.1434	2.294	0.0863
B * C	3	1968.749	656.2496	0.366	0.7780
ABC	9	27059.776	3006.6418	1.676	0.1134

Tabla 27 Análisis de varianza de la tasa máxima de emergencia de *S. mexicana*

FUENTE	g. l.	S.C	CM	F	SIG.
A SUSTRATO	3	299.86297	99.95432	0.712	0.5485
B: PROFUNDIDAD	3	833.20527	277.73509	1.978	0.1262
C HUMEDAD	1	37.15736	37.15736	0.265	0.6142
A * B	9	2317.0114	257.44571	1.833	0.0791
A * C	3	1023.8132	341.27106	2.430	0.0733
B * C	3	831.4592	277.15306	1.974	0.1268
ABC	9	3177.9805	353.10894	2.515	0.0156