

06381



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

4  
Zej-

POTENCIAL DE INFESTACION DEL BANCO DE  
SEMILLAS RECIEN FORMADAS DE Ipomoea purpurea  
(L.) ROTH (CONVOLVULACEAE) MALEZA DEL MAIZ

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

**ALICIA ENRIQUETA BRECHU FRANCO**

DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. GUADALUPE JUDITH MARQUEZ GUZMAN

MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES:**

**SR. RENE BRECHU RICHAUD (QFPI)  
SRA. DIONICIA FRANCO VDA. DE BRECHU**

**A MIS HERMANOS:**

**JORGE  
LUIS  
RENE  
JULIO  
GUADALUPE**

**SI EN MI TRABAJO SE ENCUENTRA ALGO VALIOSO Y DE INTERES, SERA RESULTADO DE LA ACTITUD QUE HE APRENDIDO DE LA VIDA Y LABOR DE MIS PADRES Y HERMANOS.**

**SU PROCEDER RECTO Y CARINOSO, DEL QUE SIEMPRE HA SURGIDO APOYO Y ALIENTO, HA DEJADO HONDA HUELLA EN MI ESPIRITU.**

#### ABSTRACT

Ipomoea purpurea (L.) Roth is a troublesome weed that disperses numerous dormant seeds, origin of new annual populations. The influence of scarification and temperature on the breakdown of dormancy and seed germination, was studied in the laboratory. The germination, seed persistence and seedling emergence in the field, describes the favorable levels to fures invasions. The high percentages of germination of scarified seeds and the previous histochemical studies of their testa, indicates the freshly harvest seeds was hard (=water impervious). Neither of 3 temperatures regimes (15, 25 and 35°C) had any effect on breakdown dormancy. Scarified seeds germinated more than 90% in 2 days at 15°C and in 3 days at 25°C; but in 35°C seeds germinated poorly (11.5%). The dry storage during 6 months at 15, 25 and 35°C, showed the maintenance of hardseedness in those keeping at 15°C, but in seeds resting at 25 and 35°C almost 80% or more eliminated tegumentary dormancy. Germination of stored seeds was faster at 25°C than 15°C. Poorly germination was obtained at 35°C (3.3%).

Buried seeds populations decreased nearly 40%, due the germination process occurred only at the beginning and installation of the rainy season (may-june), without differences between deth (5, 10, 20 and 30 cm).

During 4 periods of the year (winter=february, spring=may, summer=august and autumn=November) at 10 and 25 cm of depth, were tested in a rainy field and in an irrigated field, the changes in buried populations. Again, there was only one decrease of nearly 40%, due the germination process occurred when seeds had an environment with sufficient moisture (winter in the irrigated field and spring in the rainy field). The remaining seeds of each population (almost 60% at the differents depths) persisted alive, without germination, until the end of their annual cycle.

Seedling emergence from seeds buried at 5, 10, 20 and 30 cm of depth, occurred only from 5 cm (70%) and 10 cm (34%).

LA PRESENTE TESIS SE REALIZO EN EL  
LABORATORIO DE CITOLOGIA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS, UNAM, BAJO LA DIRECCION DE LA  
DRA. GUADALUPE JUDITH MARQUEZ GUZMAN, ANTE EL  
SIGUIENTE JURADO:

DRA. GUADALUPE JUDITH MARQUEZ GUZMAN  
DRA. ALMA DELFINA OROZCO SEGOVIA  
DR. IGNACIO MENDEZ RAMIREZ  
DR. ALFONSO LARQUE SAAVEDRA  
DR. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCIA  
DR. GUILLERMO LAGUNA HERNANDEZ  
DR. DAVID DIAZ PONTONES

## AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, Dra. Judith Márquez Guzmán, por compartir conmigo su entusiasmo por la investigación y motivarme a seguir adelante en un ambiente de libertad y confianza.

A la Dra. Cristina Pérez Amador y al Dr. Guillermo Laguna Hernández, por brindarme siempre su afecto y apoyo en los momentos de fortaleza y debilidad.

A la Dra. Alma Orozco Segovia, por su valiosa colaboración, confianza y estímulo durante la revisión de este trabajo.

A los Doctores Ignacio Méndez Ramírez, Alfonso Larqué Saavedra, Francisco Javier Espinosa García y David Díaz Pontones, por su riguroso análisis que me permitió subsanar algunas omisiones.

Al Laboratorio de Cámaras de Ambiente Controlado, por las instalaciones para realizar las pruebas de laboratorio.

A la Dra. Judith Guzmán por facilitar el terreno de Nepantla para desarrollar las pruebas de campo.

Al Maestro Nicolás Aguilera y a la Dra. Norma García Calderón, del Laboratorio de Edafología, por las facilidades y asesoría en el análisis de los suelos.

A las Secciones de Mantenimiento y de Prácticas Escolares de la Facultad de Ciencias, por su importante contribución en la realización del presente estudio.

A Margarita Ponce Salazar, Ricardo Wong, Felipe Cruz García, Sonia Vázquez Santana, Guillermina Murguía Sánchez, Reyna Osuna Fernández y Marisa Osuna Fernández, por su amistad apoyo y gran ayuda en el trabajo de laboratorio y de campo.

A Simone Christ, por la amistad y el respeto con que me distingue.

A los integrantes del Laboratorio de Citología de la Facultad de Ciencias, por su compañerismo y ánimo de superación.

## INDICE

1.0. RESUMEN	1
2.0. INTRODUCCION	2
2.1. <i>Ipsosoa purpurea</i> COMO MALEZA	
2.2. MARCO DE REFERENCIA DE BANCO DE SEMILLAS	
2.2.1. HISTORIA	
ASPECTOS GENERALES	
2.2.2. BANCOS DE SEMILLAS EN TERRENOS DE CULTIVO	
2.3. ENFOQUE PARTICULAR DEL PROBLEMA	
2.4. PROPUESTA DE RESOLUCION	
2.5. OBJETIVO GENERAL	
2.6. OBJETIVOS PARTICULARES	
3.0. DESCRIPCION DE LA ESPECIE	17
4.0. METODOS GENERALES	19
4.1. ESPECIFICACION DE VARIABLES Y ESCALA DE MEDICION	
4.2. PROCEDIMIENTOS BASICOS	
4.2.1. ESCARIFICACION	
4.2.2. CONDICIONES DE GERMINACION	
4.2.3. PRUEBA DE VIABILIDAD	
4.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL	
4.4. AREA DE TRABAJO	
4.4.1. CAMPO	
TIPO DE SUELO	
4.4.2. LABORATORIO	
5.0. EXPERIMENTOS	
5.1. EXPERIMENTO 1. GERMINACION DE SEMILLAS RECIENTE COSECHADAS.	22
5.1.1. INTRODUCCION	
5.1.2. METODO	
- FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES	
- PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS	
5.1.3. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.2. EXPERIMENTO 2. LATENCIA Y GERMINACION DE SEMILLAS ALMACENADAS.	40
5.2.1. INTRODUCCION	

5.2.2. METODO	
- FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES	
- PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS	
5.2.3. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.3. EXPERIMENTO 3. GERMINACION Y DECREMENTO DE LA POBLACION EN	55
BANCOS ENTERRADOS A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA	
DE LLUVIAS.	
5.3.1. INTRODUCCION	
5.3.2. METODO	
- FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES	
- PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS	
5.3.3. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.4. EXPERIMENTO 4. DISMINUCION DEL BANCO DE SEMILLAS,	78
GERMINACION Y PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES	
A 2 PROFUNDIDADES Y EN 4 EPOCAS DEL AÑO.	
5.4.1. INTRODUCCION	
5.4.2. METODO	
- FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES	
- PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS	
5.4.3. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.5. EXPERIMENTO 5. EMERGENCIA DE PLANTULAS ENTERRADAS A	99
4 PROFUNDIDADES Y MUESTREADAS DURANTE LA TEMPORADA	
DE LLUVIAS.	
5.5.1. INTRODUCCION	
5.5.2. METODO	
- FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES	
- PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS	
5.5.3. RESULTADOS Y DISCUSION	
6.0. DISCUSION FINAL	108
7.0. CONCLUSIONES	124
8.0. EPILOGO	126
8.1. MODELO DE COMPORTAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE <i>Ipomoea purpurea</i>	
9.0. LITERATURA CITADA	130

10.0. APENDICES	147
<b>APENDICE A. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 1. GERMINACION DE SEMILLAS RECIENTE COSECHADAS.</b>	148
<b>A.1. ANALISIS GLOBAL</b>	
<b>A.1.1. MODELO ESTADISTICO</b>	
<b>A.1.2. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN LOS 4 DIAS REGISTRADOS.</b>	
<b>A.2. ANALISIS POR DIA</b>	
<b>A.2.1. MODELO ESTADISTICO</b>	
<b>A.2.2. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN CADA UNO DE LOS 4 DIAS REGISTRADOS.</b>	
<b>APENDICE B. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 2. LATENCIA Y GERMINACION DE SEMILLAS ALMACENADAS.</b>	163
<b>B.1. MODELO ESTADISTICO</b>	
<b>B.2. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN LOS DIAS 2, 3, 4 Y 5</b>	
<b>APENDICE C. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 3. GERMINACION Y DECREMENTO DE LA POBLACION EN BANCOS ENTERRADOS A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS.</b>	183
<b>C.1. MODELO ESTADISTICO</b>	
<b>C.2. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS, REGISTRADAS EN 4 MESES DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS</b>	
<b>C.3. ANALISIS PARA LA GERMINACION REGISTRADA EN EL PRIMER MES MUESTREADO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS (JUNIO).</b>	
<b>APENDICE D. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 4. DISMINUCION DEL BANCO DE SEMILLAS, GERMINACION Y PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES A 2 PROFUNDIDADES Y EN 4 EPOCAS DEL AÑO.</b>	196
<b>D.1. MODELO ESTADISTICO</b>	
<b>D.1.1. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO.</b>	
<b>D.1.2. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO.</b>	
<b>D.2. MODELO ESTADISTICO PARA LA GERMINACION A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO.</b>	
<b>D.2.1. ANALISIS PARA EL REGISTRO DE SEMILLAS GERMINADAS A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO.</b>	

APENDICE E. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 5. EMERGENCIA DE PLANTULAS ENTERRADAS A 4 PROFUNDIDADES Y MUESTREADAS DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS.	216
E.1. MODELO ESTADISTICO	
E.2. ANALISIS DE LA EMERGENCIA DE PLANTULAS.	
APENDICE F. DATOS FENOLOGICOS DE <i>Ipomoea purpurea</i> COMO ARVENSE DE 17 LOCALIDADES DE LA PARTE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO (VILLEGAS DE GANTE 1969)	221

## 1.0. RESUMEN

*Ipomoea purpurea* (L.) Roth es una especie arvense anual que invade cultivos de maíz en distintas zonas del país. Su propagación y supervivencia se basa en la formación de numerosas semillas (Crowley y Buchanan 1982), con latencia impuesta por cubierta seminal dura e impermeable al agua (Ponce-Salazar et al 1990), que al caer al suelo se distribuyen en diferentes profundidades. Así pasan a formar parte del banco de semillas, fuente de nuevas repoblaciones del terreno.

En el presente trabajo se determinó en laboratorio, el efecto de la escarificación y la temperatura sobre la eliminación de la latencia y la germinación de las semillas. En campo, se determinaron los niveles de profundidad propicios para la invasión del terreno, a partir de la germinación de las semillas y la emergencia de sus plántulas. Por último, se determinó el porcentaje de semillas latentes y quiescentes, que persisten a diferentes niveles de profundidad en el suelo, como problema potencial de futuras invasiones al terreno.

Los resultados con semillas escarificadas y los antecedentes sobre la estructura y composición de la testa, indican que las semillas recién formadas son impermeables (= duras). Las condiciones de germinación a 3 temperaturas constantes: 15°C, 25°C y 35°C, no rompieron la latencia por cubierta seminal. Las semillas escarificadas germinaron en un 90% a los 2 días en 15°C y a los 3 días en 25°C. A 35°C no hubo germinación o ésta fue muy baja (11.5%).

El almacenamiento en seco por 6 meses, a 3 temperaturas constantes 15°C, 25°C y 35°C, mostró que en 15°C las semillas se mantuvieron latentes por su cubierta impermeable; pero, en 25°C y 35°C rompieron la latencia en porcentajes cercanos o superiores al 80%. Respecto a las temperaturas de germinación de semillas previamente almacenadas en seco a 15°C, 25°C y 35°C, se obtuvieron porcentajes cercanos o superiores al 80%, a los 5 días de incubación a 15°C, tanto en las semillas no-escarificadas como en las escarificadas, y a los 3 y 2 días de incubación a 25°C, en semillas no-escarificadas y escarificadas respectivamente. A 35°C no hubo germinación o ésta fue muy baja (3.3%).

En 4 meses de la temporada de lluvias (junio, julio, agosto y septiembre), únicamente se presentó germinación en el primer mes de la experimentación (junio), con valores cercanos al 40% que fueron estadísticamente similares entre las profundidades de 5, 10, 20 y 30 cm.

En un terreno de temporal y en otro de riego, a las profundidades de 10 y 25 cm y en 4 temporadas del año (Invierno = febrero, Primavera = mayo, Verano = agosto y Otoño = noviembre), se encontró una sola reducción en el banco de semillas, en el muestreo inmediato a la entrada en contacto con un ambiente húmedo (Invierno en terreno de riego y Primavera en temporal). La disminución fue de un 40% aproximadamente, debido a la ruptura de la latencia y la germinación; el resto de semillas no-germinadas de cada población (al rededor del 60% en las 2 profundidades), permaneció hasta el término del ciclo anual.

Se determinó una segunda reducción de semillas latentes en el último muestreo (noviembre), que no germinó en las condiciones de campo, pero prepara a una parte de la población al siguiente ciclo.

A partir de semillas enterradas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad, hubo emergencia de plántulas sólo desde 5 y 10 cm, con 75% y 34% respectivamente. Las plántulas de 20 y 30 cm degeneraron al agotar sus reservas sin alcanzar la superficie.

## 2.0. INTRODUCCION

### 2.1. *Ipomoea purpurea* COMO MALEZA

Los representantes arvenses (malas hierbas de terrenos de cultivo) de la familia Convolvulaceae, se encuentran entre los 10 primeros lugares de incidencia en cultivos básicos de México.

Las plantas conocidas comunmente como "correhuelas" o "mantos", son de las 7 principales malezas del cultivo de maíz y comprenden a 9 especies del género *Ipomoea*; la libre competencia entre la maleza y el cultivo durante los 30 días iniciales de desarrollo, ocasionan plantas cloróticas, de poco vigor y altura, generando reducciones de un 24% promedio en el rendimiento del maíz; si persiste la competencia por un periodo mayor, las pérdidas se incrementan severamente desde un 48% promedio por 50 días de competencia, hasta 73% promedio cuando se mantiene por todo el ciclo (Agundis Mata 1984).

Una de las especies arvenses de *Ipomoea*, que se reportan con mayor frecuencia irrumpiendo en cultivos de maíz, es *Ipomoea purpurea* (L.) Roth.

Espinosa (1975) la señala con una frecuencia de 15.4% en el maíz de la región temporalera del Altiplano de Jalisco; mientras que Aguilar y Acosta (1975) la reportan con un 13.9% de frecuencia, en maíz de la región Calera de Zacatecas.

Acosta Nuñez y Agundis Mata (1976) caracterizan a *I. purpurea* como una maleza del periodo primavera-verano en el Norte de Tamaulipas.

Villegas de Gante (1969) la reconoce como arvense anual de verano en 17 localidades de la parte meridional de la Cuenca de México, con las siguientes características: aparición de plántulas de abril a mayo, con una fase vegetativa que se prolonga hasta septiembre; la floración se esboza desde junio y es plena a mediados de septiembre a octubre; la fructificación se manifiesta desde julio, predominando de fines de octubre a noviembre y terminando el ciclo a finales de diciembre.

*I. purpurea* se incluye en el grupo de arvenses de Planicie y Laderas Inferiores, que habita en las tierras de la planicie, lomeríos y laderas, hasta una altitud de 2,600 metros aproximadamente. Se incluye en la Categoría A, que comprende especies con una abundancia de 29.7 a 47.9% y un grado de abundancia-dominancia entre x (= presente en forma dispersa o muy dispersa) y 3 (= cualquier número de individuos que cubran de  $\frac{1}{4}$  a un  $\frac{1}{2}$  de la superficie). El clima de la región en que viven es Semiseco y Templado subhúmedo en el verano, con una precipitación anual de 600 mm a 900 mm y una temperatura media anual de 14.0°C a 16.0°C. Respecto al suelo, la textura podría ser de migajón arenoso, migajón arcilloso-arenoso, migajón arcilloso o arcilla. Su pH varía de ligeramente ácido (6.4) a fuertemente alcalino (8.9). La materia orgánica es escasa (0.34%), media o abundante (8.28%), el N nítrico es muy bajo (3.0 ppm) o extrarrico (88.3 ppm). Son abundantes en K (36.4 a 377.2 ppm) y en Ca (898.4 ppm); el P va de escaso (0.8 ppm) a cantidades más o menos altas (27.7 ppm) Villegas de Gante (1969).

*I. purpurea* compete con el maíz por recursos como nutrientes, agua, luz, espacio, etc. y su hábito trepador causa detrimento en el desarrollo de las plantas de maíz y de sus mazorcas, evitando el llenado de grano en las porciones donde las sujeta.

En etapas maduras dobla las plantas de maíz, propiciando su pudrición y dejando las mazorcas a niveles accesibles para el ataque de roedores. Su presencia en el cultivo reduce el rendimiento y la calidad del producto.

Como maleza anual, su reproducción se basa en la formación de numerosas semillas, que se convierten en el principal mecanismo de supervivencia de la especie. Las semillas que caen al suelo, se incorporan al banco de semillas preexistente y la germinación de una cierta proporción de ellas, desencadena la repoblación del terreno.

La proporción de semillas que no germinan y que permanecen enterradas en el suelo en estado latente, constituyen un problema potencial de repoblación, ya que en la siguiente temporada algunas germinarán y lograrán el establecimiento de sus plántulas.

Por información directa de los agricultores, sabemos que una vez establecida esta maleza, es muy difícil de controlar mediante los herbicidas y métodos de labranza comúnmente usados.

*I. purpurea* al igual que otras especies arvenses del mismo género, produce semillas duras en las que diferentes métodos de escarificación (Hardcastle 1978) permiten obtener porcentajes elevados de germinación.

En estudios con ambientes controlados, Cole y Coats (1973) señalan un amplio rango de temperaturas en que puede germinar *I. purpurea* y Crowley y Buchanan (1980) indican un máximo de germinación de la misma a 20°C en 24 horas; a su vez, Cole (1976) determina que la emergencia de plántulas de *I. purpurea*, se retrasa o se reduce a medida que se incrementa la profundidad en que fueron plantadas las semillas (desde 1.3 a 5.0 cm).

## 2.2. MARCO DE REFERENCIA DE BANCOS DE SEMILLAS

En el ciclo de vida de *I. purpurea*, así como en el de toda fanerógama anual, se presentan 2 fases principales (Grime 1982) :

- a) La fase establecida, que se caracteriza por el crecimiento y maduración de la planta que produce a las semillas, y
- b) La fase regenerativa, que se inicia desde el desprendimiento de las semillas, hasta la germinación de las mismas y el establecimiento de la plántula.

En la fase regenerativa, todas las semillas viables desprendidas de una especie en un tiempo determinado, constituyen un **Banco de Semillas**, que incluye a todas aquellas unidades localizadas encima o por debajo de la superficie del suelo (Thompson y Grime 1979; Roberts 1981).

Una vez que las semillas se han dispersado y entran en contacto con el suelo, el comportamiento del banco se ve afectado por la interrelación de estos 2 componentes, en el cual ambos contribuyen con sus propios patrones y restricciones, como son: los procesos bioquímicos en las semillas y los factores ambientales del suelo .

El proceso de germinación se define desde el punto de vista morfológico, como la transformación de un embrión en una plántula. En el sentido fisiológico, es la reanudación del metabolismo, crecimiento y expresión del genoma. Y bioquímicamente, es la iniciación secuencial de patrones sintéticos y oxidativos (Jann y Amen 1977).

De acuerdo a Grime (1982), los bancos de semillas pueden dividirse en 2 grandes tipos:

a) "Bancos transitorios". Se caracterizan porque la mayoría de las semillas (si no es que todas) germinan poco después de su liberación. Por lo tanto, no logran permanecer en el hábitat por más de 1 año.

b) "Bancos persistentes". Muchas semillas permanecen por más de 1 año en el suelo sin germinar y después de un cierto lapso, bajo condiciones propicias, lograrán emerger como plántulas. Por lo general, los bancos persistentes consisten de semillas enterradas.

Dado que la germinación *in situ* es el factor principal que causa la pérdida de semillas de una población enterrada (Parker et al. 1988 en Lenk 1988), entonces la presencia de semillas en el suelo, depende en gran medida del control de la germinación. Por lo tanto, la inhibición de la germinación adquiere gran relevancia por su contribución a la supervivencia de las semillas (Karssen 1982).

En el campo no todas las semillas germinan durante el período en que concuerdan los requerimientos de éstas con las condiciones prevaletentes en el hábitat. En particular, en aquellas especies que forman parte de bancos persistentes, la inhibición de la germinación es un prerrequisito para sobrevivir y es una parte indispensable del patrón de cambios anuales en la latencia (Karssen 1982).

Cuando las semillas no germinan, a pesar de encontrarse en condiciones ambientales favorables para satisfacer sus necesidades, se considera que están en estado latente. La falta de respuesta se debe a que dentro de la semilla existe algún o algunos bloqueos, que deben eliminarse o superarse y sólo entonces se realiza la germinación.

Por lo tanto, el control de la germinación a través de la latencia, se ubica en 2 niveles: uno se debe por completo al estado latente de las semillas o control interno, y el segundo involucra la acción de los factores ambientales tanto en la latencia como en la germinación, o control externo (Bewley y Black 1985).

Gracias a la latencia, la población de semillas puede distribuir la germinación a través del tiempo, e incrementar las oportunidades de que algunas semillas germinen con éxito y completen su ciclo de vida después de un cierto lapso. Así, las semillas latentes logran mantenerse vivas a largo plazo, con lo cual se favorece su permanencia en el suelo y como consecuencia se lleva a la formación de bancos persistentes en el suelo.

Los bancos de semillas del suelo, juegan el papel crucial de recubrir los espacios perturbados, con el surgimiento de la nueva vegetación. Así, una respuesta directa del banco de semillas, es la restauración de la capa vegetal, de aquellas tierras que han sufrido alguna alteración.

### 2.2.1. HISTORIA

#### ASPECTOS GENERALES

Los estudios sobre bancos de semillas se iniciaron cuando se admitió la existencia de reservorios de semillas viables enterradas. Los reportes pioneros sobre bancos de semillas datan del siglo pasado, cuando se llevaron a cabo los primeros análisis de la presencia de semillas en el suelo. De acuerdo a Roberts (1981), Darwin en 1859 alude al gran número de plántulas que surgen de las muestras de fango de charcas; Patensen en 1882, realiza un estudio detallado de las semillas localizadas a 3 profundidades; y Peter en 1893 hace un análisis de muestras de suelo de tipo forestal.

Grime (1989) señala como contribuciones especialmente notables, las de Milton en 1939, Gómez Pompa en 1967 y Marks en 1974, donde se reconoce que la presencia de una reserva de semillas latentes, confiere el potencial para la recuperación de la población después de una perturbación de la vegetación establecida.

Sin embargo, hasta la década de los años de 1970 aún era frecuente la falta de interacción de los estudios ecológicos, con los relacionados con la fisiología de la germinación. Todos aquellos fenómenos fisiológicos que son esenciales para comprender el banco de semillas (como la posmaduración, requerimientos de frío, luz, fluctuaciones de temperatura, latencia inducida por el dosel, etc), fueron objeto de estudio intensivo por parte de los fisiólogos de la germinación, antes de haberse desarrollado una clasificación de los bancos de semillas.

En los años de 1970 a 1980, se empieza a apreciar la importancia fundamental de los mecanismos de regeneración, en el funcionamiento de las poblaciones vegetales y la estructuración de las comunidades de plantas. Es entonces cuando surge la necesidad de monitorear el destino de las semillas, por medio de programas de muestreo de suelo, a intervalos frecuentes durante el año.

Harper y su grupo de investigadores, juegan un papel muy importante en el desarrollo de esta área, de la que surge su texto clásico **POPULATION BIOLOGY OF PLANTS** (1977). Este trabajo junto con el de J.P. Grime: **ESTRATEGIAS DE ADAPTACION DE LAS PLANTAS** (1982), incluyen muchas consideraciones en el contexto de los bancos de semillas del suelo y en específico se refieren a la producción de semillas, depredación, dispersión y supervivencia en el banco de semillas y germinación (Bradbeer 1988).

Los intentos por caracterizar a los bancos de semillas, consistían principalmente en determinar si una cierta especie, desarrollaba bancos de semillas persistentes en el suelo. Ello involucraba un censo del banco de semillas latentes enterradas en un tiempo específico.

Un estudio detallado al respecto es el de Sarukan (1974, en Grime 1989) con una evaluación cuantitativa de la longevidad de las semillas y su modificación en el banco, de 3 especies del género *Ranunculus*, cuyos resultados permitieron modelar la dinámica de la población de cada especie.

Más adelante, Thompson y Grime (1979) reconocieron 4 tipos de patrones estacionales en la densidad de semillas con capacidad de germinar, los cuales concordaban con las características morfológicas y de germinación de las semillas examinadas en el laboratorio.

Algunos trabajos pioneros que relacionaban el tipo de bancos de semillas con la fisiología de la germinación son los siguientes: el de Went en 1949, sobre el efecto de la lluvia y la temperatura, en la germinación y crecimiento de plantas del desierto; el de Vegis en 1974, sobre la latencia de plantas superiores; y el de Wesson y Wareing en 1969a, sobre el efecto de la luz en la germinación de poblaciones de semillas de maleza enterradas (Grime 1989).

En la actualidad se ha alcanzado un progreso rápido en la comprensión de los bancos de semillas, pero todavía faltan por explorar varios aspectos importantes de su función y ecología.

La clasificación de los bancos de semillas en diferentes tipos, es una clave importante para explicar algunos de los mecanismos que les permiten a las especies coexistir con comunidades de plantas perennes.

Grime (1989) señala dos puntos importantes que derivan de la diversidad de los bancos de semillas:

a) Ante la gama de perturbaciones del hábitat, que pueden variar en la forma, intensidad y distribución estacional, se generan opciones complementarias de regeneración.

b) Se favorece una manipulación racional de la composición de especies, al cambiar las oportunidades de establecimiento de las plántulas, en una u otra dirección.

De aquí surge la necesidad de efectuar pruebas rigurosas para determinar la existencia de patrones geográficos en los tipos de bancos de semillas, relacionados con latitud, variación en la productividad del hábitat y la frecuencia en la perturbación de la vegetación, entre otros.

En la actualidad existen indicadores de la forma en que los bancos de semillas pueden incorporarse en modelos generales de sucesión de vegetación y conocer sus respuestas cíclicas a la alteración del hábitat (Grime 1989).

De acuerdo a la literatura sobre el tema, el estudio de los bancos de semillas comprende diversos aspectos sobre la biología de los mismos, incluyendo investigaciones que van desde la distribución espacial de las semillas enterradas (Benoit et al 1986, en Leck et al 1989), hasta los intentos para estimular la germinación de las mismas (Egley 1986) y las consecuencias evolutivas de los bancos de semillas (Templeton y Levin 1989, en Leck et al 1989).

El estudio de las semillas que forman parte del banco del suelo, ha cobrado gran interés para los trabajos sobre comunidades vegetales, relacionados con las estrategias del ciclo de vida de las especies, la demografía de las plantas y la dinámica de la vegetación (Roberts 1981).

## 2.2.2. BANCOS DE SEMILLAS EN TERRENOS DE CULTIVO

La presencia de semillas viables en el suelo, puede implicar situaciones problemáticas, desde el punto de vista antropocéntrico.

Gran parte de los estudios experimentales sobre bancos de semillas, se ha relacionado con el problema agrícola de la presencia de enormes poblaciones de semillas de maleza enterradas en el suelo.

El gran número de semillas existentes en terrenos de cultivo, significa que habrá una necesidad continua de controlar la maleza. En este caso, el objetivo es mantener el banco de semillas en el nivel más bajo posible, para minimizar la interferencia con la producción del cultivo (Roberts 1981).

Dado que los monocultivos rara vez aprovechan todos los elementos nutritivos, la humedad y la luz disponibles para el crecimiento vegetal, quedan disponibles nichos ecológicos para el surgimiento y la competencia de las plantas nocivas.

Las prácticas agrícolas utilizadas en la producción anual de cosechas, generalmente mantienen a la sucesión de las plantas nocivas anuales, en el estado de invasores iniciales. Para estas especies vegetales anuales y bianuales, el único medio de propagación y supervivencia es la producción de semillas.

El interés por los bancos de semillas de tierras de cultivo, ha surgido históricamente por el descubrimiento de que las semillas de maleza pueden permanecer latentes y por lo tanto viables en el suelo por muchos años, aunque la vegetación haya cambiado. Se ha requerido una fuerte inversión en esfuerzo y dinero, para investigar la supervivencia del banco de semillas de maleza y la emergencia de sus plántulas (Thompson 1992).

Roberts (1981) divide en 3 grandes rubros, las investigaciones publicadas sobre reservorios de semillas en el suelo de tierras cultivadas:

a) Estudios de reconocimiento, con determinaciones sobre la presencia de semillas en el suelo de los terrenos, en una localidad particular o una área amplia.

b) Trabajos que usan al banco de semillas, como índice para explorar los efectos de diferentes prácticas agropecuarias, como rotaciones de cultivos, técnicas de labranza y control de maleza.

c) Investigaciones sobre la relación cuantitativa entre el banco de semillas y el desarrollo de la vegetación de malas hierbas, que surge después del cultivo de la tierra.

Entre los estudios de reconocimiento se encuentran los de Jensen (1969 en Roberts 1981) quien determina un número promedio muy alto de semillas en el rango de penetración del arado (0-15 o 0-25 cm de profundidad), que generalmente es mayor a  $4,000 \text{ m}^{-2}$ ; pero en campos enyerbados, puede alcanzar  $70,000$  a  $80,000 \text{ m}^{-2}$ .

Los principales contribuyentes al banco de semillas de las tierras de cultivo, son diásporas de malas hierbas anuales, que representan el 95% o más de todas las semillas, a diferencia de la maleza perenne o las especies cultivadas, que están pobremente representadas. Muchos de los estudios de los campos cultivados, incluyen determinaciones del número de semillas presentes a diferentes profundidades.

Respecto a la influencia de las prácticas culturales sobre el éxito para controlar la maleza y la producción de sus semillas, una evaluación del banco de semillas en un tiempo dado, permite determinar a largo plazo los cambios a nivel de superficie, que sufren la invasión de malas hierbas y la abundancia relativa de las especies.

Roberts (1962 en Roberts 1981) señala que el número de semillas viables de arvenses de un suelo sujeto a labores frecuentes, decrece exponencialmente si se evita una alta producción de nuevas semillas. Observaciones de Roberts y Feast (1973b en Roberts 1981), muestran que, cuando los trabajos de labranza se realizan mensualmente durante la estación de crecimiento, se logra una pérdida del 60% de especies anuales.

Sobre la relación cuantitativa entre el banco de semillas y el desarrollo de la vegetación de malas hierbas que surge después del cultivo de la tierra, se dice que la perturbación del suelo actúa selectivamente sobre el reservorio de semillas, pues las condiciones prevaecientes pueden coincidir con los requerimientos de algunas especies, pero no con los de otras.

Entre los estudios pioneros se encuentra el de Brenchley y Warington (1930) quienes registran las semillas del banco que germinaron en muestras de suelo, de acuerdo a las estaciones del año. Algunas semillas germinaron rápidamente en el primer otoño e invierno, otras más en primavera y para *Aethusa cynapium* y *Euphorbia exigua*, el principal periodo de germinación fue el segundo invierno del experimento; ello reflejaba la necesidad de un ciclo estacional, antes de romper la latencia de las semillas.

Más adelante le siguieron estudios ecofisiológicos de germinación, de especies individuales o de grupos de especies relacionadas, de los que resaltan los realizados por J.M. y C.C. Baskin sobre las bases estacionales de la germinación, para un número considerable de especies en Kentucky. Un ejemplo del tipo de resultados obtenidos de experimentos en campo y en temperaturas controladas de laboratorio, es lo encontrado para *Lamium purpureum* que se torna no-latente desde Junio y vuelve a entrar en latencia en Noviembre.

Considerando que muchos de los trabajos sobre el tema indican la existencia de patrones de distribución estacional de la emergencia de plántulas, entonces el momento en que ocurra una perturbación, influirá sobre la composición de especies de la población vegetal.

Así, la relación entre el número de semillas viables y el número de plántulas que aparecen, depende del momento en que se realice la práctica de cultivo y la proporción de semillas que germinan en esa estación del año.

En la actualidad se reconoce que los bancos de semillas son la fuente principal de nuevas plantas de especies anuales, que causan los problemas de maleza más importantes en terrenos de cultivo. Holtzner (1982, en Cavers y Benoit 1989) indica que el tipo particular de manejo usado en la producción de cosechas, sirve como regulador del grado de infestación de las semillas de arvenses en el suelo y de la composición de sus especies.

Para reducir o eliminar el potencial del banco de semillas que causa nuevas y continuas infestaciones, Cavers y Benoit (1989) proponen ejecutar las siguientes 3 etapas:

1. Determinar el tamaño y composición del banco de semillas. Idealmente se deben extraer del suelo e identificar, todas las semillas viables, ya que las pruebas de emergencia convencionales, por lo general no conducen a la aparición de las plántulas de todas las semillas latentes.

2. Inventar y practicar nuevos sistemas de manejo de cosecha, para superar los conocimientos actuales. Las técnicas que evitan a largo plazo la incorporación de cualquier nueva semilla, serían muy útiles en las tierras que mantienen bancos de semillas persistentes. La combinación de técnicas no-químicas y herbicidas apropiados, deben usarse en los intentos futuros por reducir el banco de semillas de arvenses, de los terrenos de cultivo.

3. Determinar la latencia/longevidad de la mayoría de las especies del banco de semillas y seleccionar procedimientos de germinación apropiados. Se ha llevado a cabo en especies individuales, y se han hecho comparaciones entre especies; sin embargo, no se han comprendido por completo las diferencias intraespecíficas en genotipo y los efectos del ambiente, sobre la latencia y la longevidad de las semillas durante la maduración y después de ella.

### 2.3. ENFOQUE PARTICULAR DEL PROBLEMA

Respecto al último párrafo de la sección anterior, es en este contexto donde queda ubicada la investigación de la presente tesis, canalizando los estudios hacia la determinación de los patrones de comportamiento de la especie *Ipomoea purpurea* en los terrenos de cultivo, como parte de:

- a) la regeneración de la vegetación durante las primeras etapas de sucesión
- y b) la supervivencia lograda por las semillas que permanecen en el suelo.

Los comentarios directos de los trabajadores del campo en los terrenos agrícolas de la Zona Oriental del Distrito Federal y su colindancia con el Estado de México, califican a *I. purpurea* como arvense que entorpece las labores del cultivo y que forma una gran cantidad de semillas a lo largo de su tallo.

Sin embargo, la proporción de plántulas que surgen en la siguiente temporada, aunque es abundante, no corresponde al número tan elevado de semillas que se ha reportado que produce cada planta (Crowley y Buchanan 1982).

De ello surge la inquietud de conocer qué pasa con las semillas que se produjeron y no germinaron. También se cuestiona si las plántulas que emergen, pueden provenir de las semillas que se formaron en la última temporada. Si las semillas permanecen viables, ¿se deberá a un estado latente?

Las condiciones favorables para la germinación pueden variar dependiendo de la edad de la semilla. Pemadasa y Lovell (1975) mencionan en semillas de anuales de dunas, una mejor germinación a temperaturas bajas y en rangos más estrechos cuando las semillas se acaban de dispersar; pero con el transcurso de los meses, su porcentaje se acrecenta en temperaturas más altas y en rangos más amplios. Lo anterior hace cuestionar si las semillas de *I. purpurea* tendrán iguales requerimientos de temperatura para germinar, en etapa de recién cosechadas, que en semillas con 6 meses de almacenamiento (periodo desde su dispersión hasta la temporada de lluvias).

Es importante conocer el comportamiento de las semillas en condiciones naturales, donde se presentan fluctuaciones de los factores en ciclos diurnos y estacionales. En el primer caso, se debe considerar que la amplitud de los factores decrece en el suelo, a medida que aumenta la profundidad. En cuanto a los cambios estacionales, su amplitud y rango pueden influir en la respuesta de germinación de las semillas, en la ruptura de su latencia y/o en su deterioro. Por ello, interesaba saber en semillas de *I. purpurea*, a qué profundidad pueden germinar, cuántas de ellas permanecen en el suelo y desde qué nivel logran emerger sus plántulas.

Si la longevidad de las semillas en el suelo es prolongada, a partir de ellas podrá resurgir la población en la siguiente temporada favorable, convirtiéndose en un problema para el agricultor. Por lo tanto, otro dato importante era saber si aquellas semillas que se mantienen sin germinar en el suelo, durante la temporada favorable para el proceso, pueden resistir hasta el siguiente ciclo anual o el deterioro hará que mueran y desaparezcan del terreno.

Con el propósito de responder a estas preguntas, en el presente trabajo se diseñó una secuencia de experimentos que permitirán conocer la respuesta, expresada en germinación y emergencia, de la población de semillas producidas por la arvense *I. purpurea* en la última temporada.

## 2.4 PROPUESTA DE RESOLUCION

*I. purpurea* es una especie silvestre y de vegetación arvense, que queda expuesta a un régimen de disturbios dados por las labores de cultivo. Presenta una reproducción que favorece la formación de un gran número de semillas por planta y un sistema de latencia que permite a las semillas una supervivencia más amplia en el suelo.

El control de la germinación a través de la regulación dada por la latencia, se convierte en el rubro importante de esta investigación, pues el problema de la presencia de arvenses anuales como *I. purpurea* en los terrenos agrícolas, persiste tanto como las semillas se mantengan viables en el campo.

En el presente trabajo, se ha descrito el comportamiento de una población de semillas de *I. purpurea* de acuerdo a experimentos bajo ambientes controlados en laboratorio y en condiciones de campo.

En el primer caso se estudió la respuesta de germinación de acuerdo al factor temperatura y se evaluó el efecto del mismo en la eliminación de la latencia. En condiciones de germinación, se colocaron dentro de cámaras con un ambiente elegido para el caso, lo que permitió obtener resultados indicativos de su respuesta al estímulo particular de temperatura. Las semillas empleadas fueron recién cosechadas y almacenadas por 6 meses en condiciones térmicas específicas.

En el campo se registraron durante 1 año, las semillas que se mantenían viables a 2 profundidades (= longevidad), con énfasis en la proporción en que disminuía la población y el cambio en la latencia. A su vez, en la temporada de lluvias, además de evaluar el decremento del número de semillas ubicadas en 4 profundidades, se determinó si la germinación es la principal causa de esta respuesta y en qué momento ocurría.

Ambas investigaciones se hicieron enterrando semillas en bolsas de malla de plástico, que permitían el contacto con el medio y se podían recuperar para cuantificar las semillas y aplicar en ellas pruebas estandar de germinación en laboratorio que establecían su viabilidad.

Por último, se estudió la capacidad de emergencia de las plántulas dependiendo de su localización en el perfil del suelo, y la periodicidad con que ocurre este evento. En el fondo de cilindros enterrados en el campo a 4 profundidades, se colocaron semillas que se cubrieron con suelo y se registró la emergencia en 4 meses de la temporada de lluvias.

Ya que el problema de la presencia de *I. purpurea* como arvense se genera a partir de las semillas enterradas en el suelo, que pueden germinar y establecer sus plántulas o pueden mantenerse en estado latente, se considera de gran importancia obtener la mayor información posible sobre las respuesta de las semillas que forman parte del banco. Ello proporcionará conocimientos biológicos básicos, que son fundamentales para el diseño de métodos de control efectivos de esta maleza.

## 2.5. OBJETIVO GENERAL.

COMPRENDER LA DINAMICA DE SUPERVIVENCIA DE *Ipomoea purpurea* COMO MALEZA DE CULTIVOS DE MAIZ, A TRAVES DEL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO GERMINATIVO DE LA POBLACION DE SEMILLAS, FRENTE A LOS FACTORES INTRINSECOS Y AMBIENTALES QUE LO LIMITAN, COMO LA LATENCIA, LA TEMPERATURA, LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y LA PROFUNDADIDAD DE ENTERRAMIENTO.

## 2.6. OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Determinar si son latentes las semillas maduras recién formadas por la planta.

2. Determinar el efecto de la escarificación y de la temperatura de germinación, sobre la ruptura de la latencia de semillas recién formadas.

3. Determinar el efecto de la temperatura, sobre la germinación de semillas escarificadas recién formadas.

4. Determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento, sobre la ruptura de la latencia de las semillas no-escarificadas.

5 Determinar el efecto de la temperatura de germinación, sobre la respuesta germinativa de semillas escarificadas, previamente almacenadas a distintas temperaturas constantes.

6. Determinar en la temporada de lluvias, la proporción mensual de germinación de semillas de la última cosecha, distribuidas a diferentes profundidades en el suelo formando bancos.

7. Determinar en la temporada de lluvias, la proporción mensual en que decrecen las poblaciones de semillas de la última cosecha, distribuidas en diferentes profundidades en el suelo formando bancos.

8. Determinar en 4 temporadas del año, el porcentaje de semillas no-germinadas y latentes, que persisten en el suelo a diferentes profundidades, en terreno de temporal y de riego.

9. Determinar en la temporada de lluvias, el porcentaje de emergencia de plántulas a partir de semillas, depositadas a diferentes profundidades en el suelo de terreno de temporal.

### 3.0. DESCRICION DE LA ESPECIE

*Ipomoea purpurea* (L.) Roth  
(Rico Rodríguez, 1985)

Sinonimia: *I. hirsutula* Jacq. f., *I. hirta* Th. Dur., *I. mexicana* A. Gray,  
*I. purpurea* var. *diversifolia* (Lindl.).

Planta herbácea anual, de 20 a 100 cm de longitud, rastrera o trepadora; tallo generalmente ramificado en su base, hirsuto-pubescente, con pelos amarillos hasta de 4 mm de largo; peciolo de 4 a 20 cm de largo, pubescentes, láminas de la hoja cordiformes, ovadas enteras o trilobadas o bien raramente 5-lobadas, de 3 a 17 cm de largo y 2 a 15 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base cordada de seno profundo, con pubescencia esparcida a densa en ambas caras, misma que disminuye con la edad; flores solitarias o en cimas 2-5 flores en las axilas de las hojas, pedúnculos de 0.2 a 18 cm de longitud, pedicelos de 5 a 20 mm de largo, ambos pubescentes a tomentosos, brácteas lanceoladas, de 1 a 9 mm de largo, pubescentes; sépalos desiguales: los exteriores lanceolado a angostamente elípticos, de 8 a 17 mm de longitud y 2 a 5 mm de ancho, acuminados, hirsuto-pubescentes, principalmente en la base, con pelos largos amarillos de base engrosada, los interiores angostamente lanceolados, de 8 a 17 mm de longitud y 2 a 3 mm de ancho, acuminados, con bordes escariosos y ligeramente pubescentes en la parte media; corola infundibuliforme, de color púrpura (el tubo a veces blanco), de 2.5 a 5 cm de longitud, glabra; filamentos de 13 a 30 mm de longitud, anteras de 1 a 3 mm de largo; ovario cónico, glabro, 3-locular, con 6 óvulos; estilo de 14 a 27 mm de longitud, estigma 3-globoso, cápsula subglobosa, glabra, de 9 a 11 mm de diámetro, 6-valvar, 3 locular, con 6 semillas; semillas de 4 a 5 mm de longitud y más o menos 4 mm de ancho, de color café, fina y dénsamente tomentosa. "Campanitas", "Manto de la Virgen". Ampliamente distribuida en el Valle de México. Alt. 2240-2650 m. Matorral xerófilo, pastizal, bosque de encinos y eucaliptos, pero sobre todo como arvense y ruderal. Del Sur de los Estados Unidos hasta Argentina.

O'Donnell (1953, en Rzedowski y Rzedowski, 1985) ubica las plantas mexicanas dentro de *I. purpurea* var. *diversifolia*, que difiere de la variedad típica por presentar las láminas divididas, pero comenta al respecto: "...ninguna otra diferencia, con excepción de las formas de las láminas, he podido hallar entre las dos variedades". En los ejemplares estudiados del Valle de México, pudieron observarse variaciones notables en cuanto a la forma de la hoja, incluyendo casos en que el mismo individuo presenta láminas enteras y lobadas, por esta razón se optó en considerar todas estas plantas como *I. purpurea*, sin distinción de rangos infraespecíficos.

#### 4.0. METODOS GENERALES

##### 4.1. ESPECIFICACION DE VARIABLES Y ESCALA DE MEDICION

En cada uno de los ensayos se llevó un registro de la respuesta de las semillas, obtenida como resultado de la influencia de uno o varios factores. Es importante aclarar en este punto, el significado de los términos variable independiente y variable dependiente, para poder distinguirlos en cada uno de los puntos de la investigación.

Los factores que producen un cierto efecto sobre la respuesta de una cierta característica y están sujetos al control del investigador, reciben el nombre de Variables Independientes. Por su parte, la característica cuya respuesta se ve influenciada por un cierto número de factores, se conoce como Variable Dependiente.

El tipo de variable que se manejó en los diferentes experimentos, fue Numérica Discreta, anotando siempre el número de semillas germinadas, no-germinadas, latentes y plántulas emergidas. La escala de medición fue Absoluta, registrando el número de semillas (o de plántulas en su caso) que respondían al estímulo por unidad última de muestreo, a partir del cual se obtenía el porcentaje.

Es necesario aclarar que las respuestas germinativa y de emergencia, son de tipo binomial, con dos posibles resultados: germinación o no-germinación y en su caso, emergencia o no-emergencia.

Considerando lo anterior, la teoría estadística dice que los porcentajes o las proporciones binomiales tienen una distribución muy lejana a la normal; pero si se aplica la raíz cuadrada a cada proporción y se hace una transformación arcosenica, se obtiene una distribución que se acerca a la normal (Steel y Torrie 1985). Bajo tales circunstancias, se puede realizar Análisis de Varianza, ya que éste asume que los datos que se van a analizar, se distribuyan de manera normal, independiente, lineal y homocedasticamente (= homogeneidad de varianza).

Tomando en cuenta estos conceptos, se pueden ahora indicar las variables dependientes e independientes en cada uno de los experimentos realizados.

## 4.2. PROCEDIMIENTOS BASICOS

Los procedimientos generales que se emplearon en los diferentes objetivos fueron los siguientes:

### 4.2.1. ESCARIFICACION

El mecanismo para romper la barrera de impermeabilidad de la cubierta seminal, fué de tipo mecánico, desgastando con papel lija la superficie de las semillas en la región calaza, hasta llegar al nivel del endospermo.

### 4.2.2. CONDICIONES DE GERMINACION

Todas las pruebas de germinación en laboratorio, se llevaron a cabo colocando las semillas en cajas Petri en 2 discos de papel filtro, humedecidos con 5 ml de agua. La humedad se mantuvo constante durante el tiempo fijado para hacer los registros.

Para los experimentos de los objetivos 1, 2, 3, 4 y 5, se consideró **germinada** la semilla cuando su radícula alcanzaba el doble de la longitud de la semilla hidratada, lo cual equivalía a 1.4 cm, con el objeto de aumentar la posibilidad de que sus plántulas lograran el establecimiento.

Esta experiencia mostró que las semillas que logran la salida de la radícula a través de su cubierta, son capaces de generar una plántula vigorosa; por lo anterior en las siguientes pruebas se consideró germinada una semilla, cuando la radícula traspasaba la cubierta seminal con sólo 2 mm.

### 4.2.3. PRUEBA DE VIABILIDAD

La viabilidad de las semillas no-germinadas se verificó eliminando la barrera de impermeabilidad por escarificación en la región calazal y colocándolas en condiciones de germinación a 25°C. Se consideró viable aquella semilla que germinó en un lapso máximo de 5 días.

### 4.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL

Las semillas se recolectaron directamente de platas que se encontraban enredadas en matas de maíz, de terrenos de cultivo ubicados en San Pedro Atocpan, Delegación Milpa Alta, D.F. México. Sólo se tomaron aquellas de frutos maduros que abrían sus valvas al contacto con los dedos.

### 4.4. AREA DE TRABAJO

#### 4.4.1. CAMPO

Se utilizaron 2 terrenos de cultivo: a) De temporal, ubicado en Nepantla, Edo. de Mex., y b) De riego, localizado en una parcela familiar en Xochimilco, D.F.

**TIPO DE SUELO.** Los análisis de muestras de suelo de 1 a 10 cm de profundidad, de ambos terrenos (realizados en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM), señalaron diferencias en sus características:

- En terreno de temporal, el pH fue ácido (5.9), un contenido moderado de materia orgánica (2.35%), con textura areno-migajosa que lo hace muy permeable y le permite un ambiente con mucho O<sub>2</sub>.

- En terreno de riego, el pH fue básico (8.3), lo que implica alta concentración de sales, cuyo efecto osmótico desfavorable para las células (tendencia a plasmolizarse) se vio compensado por la cantidad alta de materia orgánica (7.78%); la textura fue franca (con proporciones semejantes de arena y limo, y una pequeña porción de arcilla) con buena permeabilidad, pero respecto al de temporal, podría retener mayor cantidad de agua.

#### 4.4.2. LABORATORIO

Se utilizaron 3 cámaras de temperatura constante, reguladas a 15°C, 25°C y 35°C, que se encuentran en el Laboratorio de Cámaras de Ambientes Controlados. El centro de operaciones fue el Laboratorio de Citología. Ambos laboratorios pertenecen al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

## 5.0. EXPERIMENTOS

### 5.1. EXPERIMENTO 1. GERMINACION DE SEMILLAS RECIENTE COSECHADAS

#### 5.1.1. INTRODUCCION.

Antes de iniciar el plan de experimentos con *I. purpurea*, se requería hacer una evaluación de la capacidad germinativa y la viabilidad de la población de semillas, para conocer las condiciones de la misma y en lo futuro incluirlas en el contexto de respuestas.

Crowley y Buchanan (1980 y 1982) han señalado que las semillas de *I. purpurea* presentan una latencia por cubierta impermeable al agua. Sin embargo, considerado que *I. purpurea* presenta frutos en diferentes estados de desarrollo y deshidratación, a lo largo de su tallo trepador, la población de semillas colectadas podría tener una respuesta de germinación heterogénea y con una cierta cantidad de semillas vivas.

Por lo tanto, una prueba obligada con la población de semillas recién cosechadas, era corroborar si se cumplían las características de latencia señaladas para la especie, o determinar en qué proporción se presentaba esta respuesta. De las semillas que no germinaban, se debía establecer si estaban vivas o no.

El método empleado consistió en exponer a condiciones de germinación, semillas intactas (= no-escarificadas) y semillas con la cubierta limada (= escarificadas), para reconocer si se lograba obtener germinación al salvar el obstáculo de la latencia tegumentaria

En las semillas recién dispersadas que se enfrentan normalmente a la época de secas, la temperatura es un factor que juega un papel importante sobre 2 eventos relevantes: a) En eliminar el bloqueo de la testa en semillas no-escarificadas (ruptura de la latencia tegumentaria) y b) En alterar la velocidad de germinación de las semillas escarificadas, si se llegara a presentar un ambiente húmedo favorable para el proceso.

Contando con 3 cámaras de ambiente controlado, capaces de mantener una temperatura constante, se eligieron 3 temperaturas bajo las siguientes consideraciones:

- a) 15°C, correspondiente a la temperatura media anual de la zona de proveniencia (San Pedro Atocpan, Milpa Alta, D.F.),
- b) 25°C, equivalente a la temperatura que podría imperar en niveles alrededor de los 10 cm de profundidad del suelo, donde las fluctuaciones térmicas no son tan amplias como en las capas más superficiales, y
- c) 35°C, que podría equipararse al ambiente artificial usado para el control de la maleza, cuando se colocan plásticos negros o transparentes sobre los surcos, los cuales provocan la muerte de las semillas o de las plántulas que surgen, a costa del aumento en temperatura.

Para poner en evidencia estos efectos, las semillas no-escarificadas y escarificadas colocadas en condiciones de germinación, se introdujeron en las cámaras de ambiente controlado, a las temperaturas constantes mencionadas, y se llevó un registro diario de germinación durante 1 mes.

#### FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES

Para el objetivo 1 (latencia de las semillas recién formadas), el objetivo 2 (efecto de la escarificación y de la temperatura de germinación sobre la eliminación de la latencia de semillas recién formadas) y el objetivo 3 (efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas escarificadas recién formadas) se utilizaron 1200 semillas no-escarificadas, como una muestra tomada directamente de la población inicial (Figura 1). Según Méndez Ramírez et al (1990), la población inicial define específicamente al tipo de semillas con que se trabajó.

Las semillas se contaron una por una, sin tomar ningún criterio, hasta completar 1200.

La muestra se separó de manera alternada en 2 porciones de 600 semillas: la 1ª semilla en la charola número 1, la 2ª semilla en la charola número 2, la 3ª semilla en la charola número 1, la 4ª en la charola 2 y así sucesivamente hasta tener 600 semillas en cada charola. Se sorteo por medio de tarjetas la charola que se sometería a escarificación mecánica y la que permanecería sin escarificarse.

De cada charola se formaron 12 grupos con 50 semillas, en cajas Petri numeradas del 1 al 12. Las semillas se depositaron una a una en las cajas, de manera secuencial: la 1ª semilla que se tomara, se colocaría en la caja número 1, la 2ª en la caja 2 y así sucesivamente hasta la 12ª semilla en la caja 12; el procedimiento se repetía hasta agotar las 600 semillas de cada charola, quedando cada una de las 12 cajas Petri con 50 semillas.

Las 12 cajas Petri de cada tratamiento de escarificación, se sortearon en las 3 cámaras de temperatura constante, por medio de la combinación de los siguientes grupos de tarjetas: grupo a) con 12 tarjetas numeradas del 1 al 12 correspondientes a las cajas Petri y grupo b) con 12 tarjetas marcadas con los números 15, 25 y 35 que se repetían 4 veces, correspondientes a las 3 cámaras de temperatura constante: 15°, 25° y 35°C.

Al final, cada cámara de temperatura constante contenía 4 repeticiones con 50 semillas escarificadas y 4 repeticiones con 50 semillas no-escarificadas, en condiciones de germinación.

Dentro de las cámaras, las cajas se distribuyeron sin orden específico

Se registró diariamente y de manera acumulativa, el porcentaje de germinación de semillas escarificadas y no-escarificadas a través del tiempo, como variable dependiente de la condición de escarificación y de la temperatura de germinación. Con la comparación de estos resultados, se evaluó si las semillas recién formadas eran latentes y si esta restricción se relacionaba con la integridad de la cubierta seminal; también se estimó el efecto de la temperatura de germinación y de la escarificación en la ruptura de la latencia (objetivos 1 y 2). El experimento con semillas escarificadas, permitió observar el efecto de las temperaturas de germinación sobre la respuesta de estas semillas (objetivo 3).



El modelo final es:

$$Y_{ijklnp} = \mu + a_i + b_j + S_{1(ij)} + c_k + C_{n(ij1)} + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (ac)_{jk} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + E_{p(ijkin)}$$

i = 1, 2	Escarificación
j = 1, 2, 3	Temperatura de germinación
k = 1, 2, 3, 4	Día de registro
l = 1	Factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación
n = 1, 2, 3, 4	Cajas Petri dentro de los tratamientos de escarificación y temperatura.
p = 1	Error aleatorio

- Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice A.

- Variable dependiente: porcentaje de germinación a través del tiempo.
- Variables independientes: escarificación y temperatura de germinación (objetivos 1, 2 y 3).
- Intervalos de tiempo entre un muestreo y otro: 4 conteos diarios acumulativos, sobre lotes de 50 semillas para cada tratamiento, durante 5 días.
- Número de conteos realizados: 360 conteos totales (24 conteos diarios, durante 15 días), acumulativos sobre lotes de 50 semillas para cada tratamiento.
- Efecto: germinación o no-germinación de la semilla a través del tiempo.
- Causa: Condición de escarificación y condición térmica de germinación.

### 5.1.3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### RESULTADOS

El criterio de considerar germinadas a aquellas semillas cuya radícula tuviera longitud correspondiente a 2 veces el tamaño de la semilla embebida (1.4 cm x 2= 2.8 cm) tuvo el propósito de aumentar la probabilidad de que la plántula continuara su desarrollo y llegara a establecerse, pues la sola emergencia de la radícula no siempre implica este suceso.

Las semillas no-escarificadas, tal como se colectaron de las plantas, presentaron, porcentajes de germinación muy bajos en el lapso de los 4 días registrados, que no superaron el 5% en las 3 temperaturas probadas. Así, en 15°C y en 25°C, se alcanzó un 4% de germinación; mientras que a 35°C no hubo respuesta (0%) (Figura 11).

Los porcentajes de germinación tan bajos de semillas no-escarificadas, obtenidos durante la prueba, mostraron una restricción en las semillas recién cosechadas, que les impidió germinar y sobre la cual no influyó ninguna de las 3 temperaturas, para revertir el estado latente.

La escarificación de las semillas, permitió que la germinación se llevara a cabo y sólo entonces se pudo apreciar la respuesta dentro de cada temperatura.

Los Análisis de Varianza (= A. de V.) de los resultados diarios de la prueba, mostraron que la escarificación produce mayor germinación que la condición de no-escarificadas: Fc Día 1: 10.64, P: 0.004; Fc Día 2: 175.45, P: 0.001; Fc Día 3: 213.00, P: 0.001; Fc Día 4: 201.73, P: 0.001 (Cuadros A.2, A.3, A.4 y A.5, del Apéndice A).

En el Día 1 (Cuadro A.1 del Apéndice A), no hay interacción de los factores escarificación y temperatura, ni tampoco existe influencia del factor temperatura (Fc: 2.95, P: 0.077 para ambos), con lo que se concluye que no hay efecto de temperatura o que éste no se manifiesta en este día.

Los A. de V. de los días 2, 3 y 4, mostraron que además de la influencia altamente significativa del factor escarificación, existe un efecto de la interacción de los factores escarificación y temperatura: Fc Día 2: 50.57, P: 0.001; Fc Día 3: 28.59, P: 0.001; Fc Día 4: 26.04, P: 0.001 (Cuadros A.3, A.4 y A.5, del Apéndice A).

Esto significa que, aunque hay efecto parcial de la escarificación sobre la germinación, la respuesta de las semillas depende en estos días, de la influencia conjunta de los 2 factores; es decir, la temperatura también interviene de manera relevante en la respuesta de las semillas. Así lo demostraba el rechazo de la  $H_0: 12s^2 - 8\tau^2 = 0$  (donde  $s$  = factores en que difieren las cámaras de germinación controladas a 15°C, 25°C y 35°C; y  $\tau$  = temperatura a la que se expusieron: 15°C, 25°C y 35°C), con valores de  $F_c$  cuya probabilidad fue de 0.001.

Sin embargo, de acuerdo al modelo con error de restricción, no se aceptan como válidos los resultados debidos a la temperatura, pues es difícil establecer si el efecto está dado por la misma temperatura o por las condiciones ambientales de las cámaras.

Dado que la comparación entre temperaturas era uno de los objetivos de la investigación, se realizó un experimento complementario en noviembre de 1993, regulando por 5 días, primero a 15°C y después a 25°C, las 3 cámaras de ambiente controlado que se habían usado.

En cada cámara se colocaron, en condiciones de germinación, 5 lotes con 20 semillas escarificadas (colectadas en 1990). En el día 3, más del 95% de las semillas incubadas a 15°C, mostraban su radícula a través de la cubierta seminal y en el día 1, estos mismos valores se alcanzaban con aquellas incubadas a 25°C; en ambos casos no hubo diferencias entre los porcentajes obtenidos en cada una de las 3 cámaras.

Los resultados apoyan la idea de que no hay un efecto diferencial entre las cámaras de ambiente controlado, sobre la respuesta de germinación de las semillas de *I. purpurea*.

Con base en lo anterior, se propuso una comparación a través de prueba de "t", de la germinación obtenida con semillas escarificadas, incubadas a 15°C, 25°C y 35°C (Cuadro A.6 del Apéndice A).

Los resultados en el día 2, mostraron una mayor germinación a 15°C (96.6%), que a 25°C (58.45%) y ambos fueron superiores al obtenido a 35°C (0%) (Figura 6).

La diferencia entre los resultados alcanzados a 15°C y 25°C, ya no se aprecia en los días 3 y 4, con porcentajes de germinación superiores al 90% en ambas condiciones (Figura 6)

Sin embargo, el efecto de la escarificación no se reflejó en aquellas semillas incubadas a 35°C, donde la respuesta de germinación sufrió un retraso y fue muy baja, alcanzando sólo un 11.5% (Figura 11).

También en los días 3 y 4, hubo una leve germinación de semillas no-escarificadas del 4%, sin diferencias significativas entre temperaturas.

Semillas Recién Cosechadas, Escarificadas y No-escarificadas  
Incubadas a 15 C, 25 C y 35 C

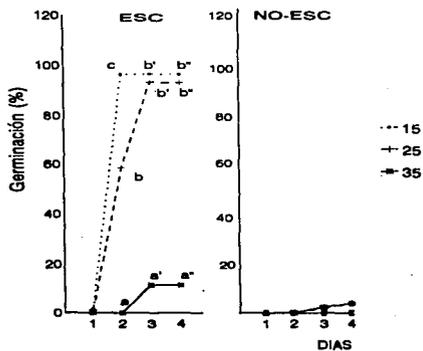


Figura 11. Germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15°C, 25°C y 35°C.

## DISCUSION

El primer acercamiento al conocimiento de la respuesta de las semillas de *I. purpurea*, provenientes de la temporada más reciente, fue reconocer si presentaban algún mecanismo inhibitorio de la germinación, al momento de su dispersión y antes de su llegada al suelo.

Los resultados del primer experimento con semillas recién cosechadas, no-escarificadas y escarificadas, sometidas a 3 temperaturas constantes, revelaron en esta etapa la presencia de una latencia innata o latencia primaria (Bewley y Black 1985, Bradbeer 1988), que obstaculizó la germinación de una alta proporción de semillas no-escarificadas (superior al 90%) y en la cual no tuvieron influencia alguna, las 3 temperaturas de incubación a las que se sometieron.

La falta de respuesta germinativa de semillas recién cosechadas, les confiere la ventaja de evitar el riesgo de muerte de los individuos formados, por encontrarse en la época que no es favorable para el proceso (de noviembre a mayo); esto se debe entre otros factores, a la ausencia de un ambiente húmedo continuo, que resulta de la carencia de precipitaciones pluviales o su frecuencia esporádica, y por las temperaturas no favorables que se presentan en ese período.

El tratamiento de escarificación permitía discernir si la falta de respuesta de las semillas se debía a una latencia embrionaria o si la restricción se ubicaba en la cubierta seminal.

Baskin y Quarterman (1969) confirman una latencia por cubierta seminal en *Astragalus tennesseensis* (Leguminosae) cuando obtienen 100% de germinación al aplicar escarificación con ácido sulfúrico, que eliminó las capas interna y externa de la cubierta. Proponen que en este caso, la capa externa es impermeable al agua y la interna, además de oponer resistencia al crecimiento de la plántula, impide la salida de sustancias inhibitorias del embrión.

Al lograr eliminar la barrera protectora impuesta por la cubierta seminal de *I. purpurea*, se detectó que el embrión de la semilla recién cosechada, cuenta con la madurez fisiológica para poder germinar y que el bloqueo del proceso se relaciona con la testa.

Sin embargo, como ya se mencionó, existen varias alternativas por las cuales la cubierta seminal puede evitar la germinación de las semillas (Egley y Duke 1985):

- a) Comprimiendo mecánicamente la expansión del embrión.
- b) Bloqueando la penetración de luz al embrión.
- c) Limitando el intercambio de gases respiratorios (semillas que precisan de altos niveles de O<sub>2</sub>).
- d) Evitando la pérdida de inhibidores del embrión o presentando inhibidores en la misma testa.
- e) Bloqueando la entrada de agua al embrión.

El efecto de una compresión mecánica a la expansión del embrión, es un fenómeno que se puede rechazar para las semillas de *I. purpurea*, porque los registros al respecto, como en *Striga asiatica* (Egley 1972) y *Rapanea guianensis* (Joly y Felipe 1979) describen la salida de la radícula de manera atípica, emergiendo únicamente por la porción escarificada; es decir, la alteración de la cubierta en una posición alejada de la región del micrópilo, desencadena el metabolismo de germinación por la rehidratación, pero la radícula es incapaz de traspasar las cubiertas intactas.

En *I. purpurea* siempre se eligió el extremo calazal (opuesto al micrópilo y por lo tanto alejado de la radícula), para efectuar una escarificación lo más leve posible, de forma que apareciera un pequeño punto oscuro indicativo de la capa del endospermo. Ello fue suficiente para obtener el surgimiento de la radícula por la zona micropilar, en la región del cojincillo.

Un elemento más en contra del posible efecto de compresión de la testa de *I. purpurea*, es que el hillo (cicatriz en la semilla, producida al separarse el fruto de la placenta) se presenta como un surco en forma de herradura, rodeando al cojincillo, el cual aparece en cortes histológicos como una zona de adelgazamiento que opone menor resistencia al crecimiento de la radícula (Ponce Salazar 1990).

Evenary (1965) y Côme (1970) refieren como un hecho frecuente en especies vegetales, que embriones aislados, desprovistos de pericarpio y tegumentos, no son sensibles a un ambiente iluminado, sino que pueden germinar en luz u oscuridad, si ellos mismos no son latentes. Afirman que la inhibición de la germinación por luz u oscuridad, es típicamente una inhibición tegumentaria y que a menudo no es necesario eliminar completamente las cubiertas de la semilla para suprimir la latencia por la fotosensibilidad, sino que se logra tener el mismo efecto por medio de pequeños cortes, punciones o desgarres de las capas.

En la presente investigación, los resultados de germinación de *I. purpurea* en el laboratorio, con exposición a un fotoperiodo de 12 h luz/12 h oscuridad como condición lumínica constante, no permiten discernir si hay alguna influencia de la luz en la respuesta. Pero, de acuerdo a los resultados de Osuna Fernández (1990) con semillas de *I. purpurea* escarificadas, expuestas a una humedad constante y cubiertas por papel aluminio que daba la condición de oscuridad, se obtuvieron los máximos porcentajes de germinación (100%) en el muestreo del día 4, poniendo así en evidencia que la luz no es un requisito para la germinación de la especie.

Esta panorámica se puede completar con los resultados en campo del presente trabajo, correspondientes a los experimentos en la temporada de lluvias (experimento 3) y en las 4 épocas del año (experimento 4). En ellos se observa que no hay diferencias entre la germinación de las semillas enterradas a los distintos niveles de profundidad, lo que permite proponer que las semillas de *I. purpurea* no requieren del estímulo luminoso.

En el caso de que la testa de *I. purpurea* presentara un bloqueo a la entrada de oxígeno, Bradbeer (1988) señala que la germinación se debería estimular por atmósferas enriquecidas en oxígeno y el embrión aislado de la semilla latente, debería ser capaz de germinar y consumir más oxígeno que la semilla intacta.

Sin embargo, los embriones de varias especies, como *Sinapis arvensis* (Edwards 1969) satisfacen su requerimiento de oxígeno, con presiones parciales extremadamente bajas. *Viola* sp. y *Veronica hederifolia*, logran germinar en O<sub>2</sub> al 2% o en N<sub>2</sub>, pero no en O<sub>2</sub> al 8% (Lonchamp 1979). En las

especies *Sinapis arvensis* y *Xanthium pensylvanicum* (Esashi 1978), señaladas por requerir oxígeno, se ha demostrado que el consumo de este gas es considerablemente menor que la cantidad que puede difundir a través de la testa.

Por lo anterior se plantea que la cubierta no impone una latencia al embrión que envuelve, simplemente por restringir la cantidad de oxígeno disponible para la respiración, sino que puede estar involucrada con otros procesos.

El requerimiento de altas presiones parciales de O<sub>2</sub> y la ruptura de la cubierta para facilitar su acceso, podría relacionarse con inhibidores de crecimiento en el embrión. En *Sinapis arvensis* los inhibidores se forman en condiciones de bajo nivel de oxígeno (Edwards 1969); así, la cubierta actúa disminuyendo la cantidad de O<sub>2</sub> que llega al embrión y aunque puede soportar todavía respiración, aumenta la producción del inhibidor.

De acuerdo a esto, existe la posibilidad de que la testa de *I. purpurea* con su estructura íntegra, impida la salida de inhibidores del embrión, de tal forma que al rasgarla y poner en contacto a la semilla con el agua, ocurra una rápida lixiviación del inhibidor seguida por la germinación, como sucede en *Acer pseudoplatanus* (Webb y Wareing 1972a).

La siguiente opción por la cual la testa de *I. purpurea* podría restringir la germinación, es presentando inhibidores en sí misma.

Un inhibidor hidrosoluble de la testa, como ocurre en semillas recién cosechadas de *Corylus avellana* (Bradbeer 1968), sería transferido hacia el embrión durante la imbibición, evitando el reinicio de su crecimiento. Sin embargo, en estas condiciones, una laceración de la testa sería inefectiva para promover la germinación, a menos que se eliminara por completo la cubierta, lo cual no fue necesario para *I. purpurea* que con una leve escarificación, logró su imbibición y una rápida germinación.

Por último, la causa más probable de la latencia en semillas de *I. purpurea*, es el bloqueo de la entrada de agua al embrión. Quinlivan (1971) establece que el mecanismo de latencia que evita el movimiento del agua a través de la cubierta seminal, se conoce como impermeabilidad y se distingue de otras formas de latencia inherentes al embrión. Menciona que a este mecanismo también se le refiere como dureza de las semillas y a las

semillas que lo presentan se les denomina semillas impermeables o semillas duras.

La ausencia de agua disponible para el embrión, debido a cubierta seminal impermeable, se puede satisfacer eliminando o debilitando la barrera por varios medios, como son (Quinlivan 1971 : escarificación mecánica o química, digestión enzimática, solventes orgánicos, etc.

Joly y Felipe (1979) afirman que cuando la latencia se basa en una impermeabilidad simple al agua o a gases, la sólo escarificación es efectiva para promover germinación, al hacer un corte en la envoltura.

Las cubiertas seminales impermeables al agua, se han asociado principalmente con representantes de la familia Leguminosae. Pero Quinlivan (1971), Bewley y Black (1985), Baskin y Baskin (1989) y Probert (1992), citan la existencia de registros de semillas duras o impermeables para otras familias, como: Anacardiaceae, Cannaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Liliaceae, Nymphaeaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae, Solanaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae y Convolvulaceae.

En la familia Convolvulaceae, Sripeng y Smith (1960) describen a *Convolvulus arvensis* como semilla dura a la madurez. Koller y Cohen (1959) afirman que la germinación de las semillas de *Convolvulus lanatus* Vahl, *Convolvulus negevensis* Zoh y *Convolvulus secundus* Desr., está regulada por la cubierta seminal impermeable al agua y sólo eliminando o desalojando una estructura semejante a un tapón en la región micropilar, logra su respuesta germinativa.

Chandler et al (1977), trabajando con *Ipomoea turbinata*, Eastin (1983) y Shaw et al (1987), refiriéndose a *Jacquemontia tamnifolia* y Horak y Wax (1991) estudiando a *Ipomoea pandurata*, afirman en cada caso que la cubierta seminal impermeable es el principal mecanismo de latencia, con base en experimentos de germinación con semillas escarificadas, que aumentaron los porcentajes de germinación desde un 10% al 90%.

Stoller y Wax (1973), Gomes et al (1978) y Tullen y Keeley (1983) refieren que las semillas de *Ipomoea hederacea* L. Jacq. son duras, con porcentajes de germinación en el laboratorio que no rebasaron el 7%, a menos que se aplicara escarificación mecánica o con ácido.

Crowley y Buchanan (1980) registran la respuesta a la temperatura y al estrés osmótico, de semillas de 8 convolvuláceas, entre las cuales se encuentra *Ipomoea purpurea*; señalan que para detectar el efecto de estos factores sobre la germinación, fue necesaria la escarificación ácida de las semillas de cada especie.

La ausencia de germinación sin escarificación, acoplada con el hecho de que aquellas semillas que no germinan, no embeben agua y permanecen sin hincharse, indica que la función principal de la escarificación es hacer permeable a la cubierta seminal y permitir la entra de agua.

Una característica común de la cubierta seminal de las semillas impermeables al agua, es la presencia de una capa de células columnares, estrechamente empaquetadas y de paredes gruesas, llamada: Capa de Células en Empalizada, Células de Malpigi o Macroescleroidas, que rodea al embrión. En ella se encuentra una banda refringente (o en ocasiones 2), conocida como línea clara, con un arreglo especial de materiales en las paredes radiales de las células en empalizada, la cual se ha reconocido históricamente como una barrera relacionada con la impermeabilidad (Rolston 1978, Egley 1989, Probert 1992).

En la familia Convolvulaceae, Misra (1963) sugiere que la testa de *Ipomoea crassicaulis* (Beneth) Robinson, es impermeable al agua porque las semillas no germinan hasta que se liman y explica que ello se debe a la presencia de células esclerenquimatosas, gruesas y columnares.

Los estudios anatómicos y citoquímicos de *Ipomoea triloba* (Murcio 1983), *Ipomoea murucoides* e *Ipomoea pauciflora* (Murguía Sánchez 1986), revelaron una capa de esclerénquima en empalizada, con una doble línea clara continua en el estrato adyacente a la subepidermis; fue necesaria la escarificación para que penetrara el fijador y el resto de sustancias empleadas en la técnica.

A pesar de que la capa de células en empalizada, es el sitio con mayores evidencias como barrera a la entrada de agua, otras capas como subepidermis, cutícula de epidermis y cutícula que separa testa de endospermo, pueden contribuir a la impermeabilidad. Se ha sugerido la presencia de ceras en asociación con suberina, cutina, lignina, callosa, quinonas y taninos, como sustancias fitoquímicas que restringen la difusión del agua (Rolston 1978).

Makee et al (1977) escarifican por medio de punción a la cubierta de *Coronilla varia* L. (Leguminosae) y al medir la profundidad que se alcanza (a través de un estudio estructural), encuentran que se requiere traspasar no sólo la capa de macroesclereidas, sino también los estratos del tegumento interno, para lograr que el 100% de semillas duras germinen rápidamente. Con técnicas histoquímicas, identifican la presencia de sustancias como lignina y taninos.

La semilla seca, madura e intacta de *Cercis siliquastrum* (Leguminosae), es impermeable debido a una capa lipídica no celular, localizada en el borde interno de la testa que rodea al endospermo y al embrión (Riggio Bevilacqua 1984).

En *Iposoea aquatica*, Valdovinos Ponce (1992) determina el tipo de sustancias ligadas a la impermeabilidad de la semilla, que se van depositando en las distintas capas, durante proceso de desarrollo de la cubierta seminal: En la subepidermis de paredes gruesas, hay depósito de lípidos, cutina o suberina, pectina y taninos. En el esclerénquima empalizada, también de paredes gruesas y con una línea clara, se encuentran lípidos y pectinas. En el parénquima se presentan pectinas. Y en la cutícula que separa a la testa del endospermo, se da la reacción positiva a pectinas, lípidos y cutina o suberina.

De acuerdo a la respuesta de las semillas recién cosechadas de *I. purpurea* registrada en el presente trabajo, con una falta de germinación en las semillas recién cosechadas no-escarificadas y un porcentaje elevado (cercano al 100%) en semillas escarificadas, éstas pueden incluirse en la categoría de impermeables o duras.

La propuesta queda reforzada con las observaciones de Ponce Salazar et al (1990), referentes a la estructura y composición química de la testa de *I. purpurea*, donde se afirma que existen 3 sitios probables relacionados con la impermeabilidad de la testa al agua:

- a) La subepidermis monoestratificada, que da reacción positiva a lípidos y a cutina o suberina, en sus paredes celulares gruesas.
- b) Esclerénquima en empalizada, de 2 o 3 estratos celulares, con una línea clara adyacente a la subepidermis y cuyas paredes celulares

gruesas, dan reacción positiva a polisacáridos insolubles y a taninos.

c) Cutícula de naturaleza lipídica, que separa a la testa del endospermo.

Una vez eliminada la barrera impermeable de la testa por medio de la escarificación, las semillas lograron desencadenar su metabolismo de germinación.

En condiciones naturales, la escarificación de las semillas puede ocurrir como consecuencia de las prácticas agrícolas, que al mover el suelo causan el desgaste de la cubierta seminal, o por los cambios ambientales a los que están expuestas las semillas, durante el tiempo que permanecen en el suelo.

La escarificación de las semillas, permitió que la germinación se llevara a cabo y sólo entonces se pudo apreciar la respuesta dentro de cada temperatura.

Aunque estadísticamente no es posible comparar los resultados entre temperaturas, por el error de restricción, se puede apreciar una mejor respuesta en la temperatura de 15°C, donde se alcanzó un porcentaje superior al 90% (96.58% = 79.48 V Trf) desde el día 2. En segundo término se encontró que la temperatura de 25° también fue favorable, alcanzando un porcentaje de germinación alrededor del 50% (58.45% = 50.21 V Trf) en el día 2, que fue menor al obtenido en 15°C; pero a partir del día 3, aumentó a niveles que ya no fueron diferentes a los obtenidos a 15°C, con aproximadamente un 95.68% (78 V Trf).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Cole y Coats (1973) y Crowley y Buchanan (1980), quienes reportan para *I. purpurea* una emergencia de radícula más lenta a 15°C, obteniendo más germinación a 20°C, con óptimo desarrollo de raíz-hipocótilo a 24°C.

Sin embargo, las semillas anuales de dunas *Aira caryophyllae* y *Vulpia membranacea*, al igual que *I. purpurea* presentan en etapa de recién formadas, un mayor porcentaje de germinación a la temperatura de 10°C,

alcanzando un 70%, respecto al obtenido a 15°C y 25°C, donde los valores son inferiores al 50% (Pemadasa y Lovell 1975)

La respuesta con semillas escarificadas de *I. purpurea* que lograron germinar favorablemente a 15 y 25°C, permite plantear la posibilidad de que la especie sea capaz de desarrollar nuevos organismos, por germinación de sus semillas fuera de la estación de lluvias.

En los 4 días registrados, la germinación de *I. purpurea* en la temperatura de 35°C, fue nula o muy baja (de 0 a 4.03% = 0 a 0.49 V Trf).

Así, la temperatura de 35°C no fue apropiada para la germinación de semillas recién cosechadas de *I. purpurea*, encontrándose un crecimiento anómalo de la raíz-hipocótilo, que en vez de aumentar su longitud, ocurrió un mayor engrosamiento en aquellas que sí lograron germinar. Además en esta temperatura se presentó una amplia proliferación de hongos que atacaban tanto a la testa como a la radícula.

Se puede decir que 35°C provocó una latencia inducida o forzada en las semillas, que les impidió germinar; pero como ya se encontraban embebidas, el deterioro fue muy rápido y presentaron evidencias de pudrición en un lapso de 3 días.

En semillas escarificadas de *Jacquemontia tamnifolia*, la germinación se reduce drásticamente, al rebasar los 35°C (Shaw et al 1987) y lo mismo se presenta en *Ipomoea hederacea* var. *hederacea* (Gomes et al 1978) donde no hay germinación a 40°C.

Cabe señalar que las semillas de *I. purpurea* completan su desarrollo en la época de lluvias e inician el proceso de deshidratación cuando ésta ya ha terminado, convirtiéndose en semillas duras (con testa impermeable). La latencia de las semillas recién formadas, debida a la presencia de esta cubierta impermeable, constituye una estrategia de supervivencia, que mantiene a las semillas del banco por tiempos variables, hasta el encuentro de épocas favorables en las que podrán germinar y tendrán mayores posibilidades de establecimiento.

La latencia de las semillas recién formadas, debida a la presencia de cubierta impermeable, constituye una estrategia de supervivencia que mantiene a las semillas viables, por tiempos variables.

## 5.2. EXPERIMENTO 2. LATENCIA Y GERMINACION DE SEMILLAS ALMACENADAS

### 5.2.1. INTRODUCCION.

Los mecanismos de latencia innata y latencia forzada relacionados con las semillas de *I. purpurea*, estan involucrados en controlar el momento en que la población de semillas o parte de ella, germine de forma natural, retrasando la respuesta hasta el encuentro con condiciones favorables.

A partir de su dispersión a finales del otoño, las semillas quedan expuestas a condiciones ambientales secas en el suelo, porque la temporada de lluvias se ha retirado y el movimiento del suelo por las labores de cultivo, incrementa la evaporación del agua que se habia retenido.

Las semillas permacecen regularmente en estas condiciones del suelo, desde los meses de octubre - noviembre hasta los de mayo - junio, lapso aproximado de 6 meses de sequia, en que se vuelven a presentar las precipitaciones pluviales. En tales circunstancias, la temperatura se convierte en un factor importante que incide sobre la respuesta de las semillas en varios aspectos, manteniendo características o promoviendo cambios en los siguientes procesos: en el estado latente de las semillas, en la velocidad de respuesta de germinación y en el deterioro de las mismas.

Tomando en cuenta que las semillas de *I. purpurea* recién cosechadas no germinan por presentar testa dura, es de esperarse que las temperatura a las que estan sometidas las semillas en el campo, puedan propiciar cambios en la permeabilidad de la testa; ello provocaría la pérdida de la latencia en las semillas y les conferiría la capacidad de germinación en la temporada favorable, correspondiente a la estación de lluvias.

Una forma artificial de conocer en especifico la influencia que tiene el factor temperatura sobre la ruptura de la latencia, fue someter a 3 condiciones constantes en el laboratorio, en seco y durante 6 meses, a semillas recién cosechadas de *I. purpurea*.

El uso de ambientes térmcos artificiales para evaluar la germinación de las semillas, permite tener resultados indicativos de su respuesta al estímulo en particular, en un rango amplio. A pesar de no reflejar las fluctuaciones naturales de campo, estos datos pueden formar parte de una panorámica global, que permita integrar una idea más clara del comportamiento.

## 5.2.2. METODO

### FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES

Para los objetivos 4 (efecto de distintas temperaturas constantes de almacenamiento, sobre la respuesta de las semillas no-escarificadas germinadas a distintas temperaturas) y el objetivo 5 (efecto de distintas temperaturas de germinación sobre la respuesta germinativa de las semillas escarificadas, previamente almacenadas a distintas temperaturas constantes), se utilizaron 1400 semillas no-escarificadas, como una muestra tomada directamente de la población inicial (Méndez Ramírez 1990). Las semillas se contaron una por una, sin tomar ningún criterio, hasta completar 1400' (Figura 2).

Las semillas se repartieron en 12 recipientes de plástico negro, para que permanecieran en grupos de 4, sometidos a 3 temperaturas constantes donde se iban a almacenar por 6 meses en condiciones secas, tal como provenían del campo.

Así, se decidió que de las 1400 semillas, la primera que se tomara se colocaría en el recipiente negro número 1, la 2<sup>o</sup> en el recipiente negro número 2, la 3<sup>o</sup> en el número 3 y así hasta la 12<sup>o</sup> semilla en el recipiente negro número 12; el procedimiento se repetía hasta agotar las 1400 semillas, cuando cada recipiente negro contenía 120 semillas.

Se numeraron 12 tarjetas del 1 al 12 (grupo a) correspondientes a los recipientes negros y otras 12 tarjetas (grupo b) se numeraron para las 3 cámaras de temperatura constante, 15°C, 25°C y 35°C de la siguiente manera: 4 tarjetas con el número 15, 4 tarjetas con el número 25 y 4 más con el número 35. Se sacaba una tarjeta correspondiente a los recipientes negros y una tarjeta de las cámaras de temperatura constante.

Al final cada cámara contenía 480 semillas repartidas en 4 recipientes negros (cada uno con 120 semillas). (Las cámaras son unidades experimentales grandes (es parte del proceso para provocar los tratamientos)).

Los recipientes negros se colocaron en diferentes lugares dentro de las cámaras de temperatura constante. Semanalmente se agitaban para mover de posición las semillas en su interior y se rotaban de lugar los recipientes.

Al término del período de 6 meses, las semillas de los 4 recipientes negros de cada temperatura de almacenamiento, se reunieron para mezclarlas y se separaron en 2 grupos de 240 semillas, que se someterían uno de ellos a escarificación y el otro se mantendría no-escarificado. A su vez, cada grupo de semillas escarificadas y no-escarificadas, se repartió en 12 cajas Petri numeradas, siguiendo el mismo procedimiento descrito para los recipientes negros; al final, cada una de las 12 cajas Petri contenía 20 semillas (unidad última de muestreo).

Por medio de 12 tarjetas correspondientes a las cajas Petri y de 12 tarjetas con 4 números 15, 25 y 35, para las cámaras de temperatura constante, se asignaron las cajas aleatoriamente a los diferentes ambientes térmicos constantes.

Dentro de las cámaras, las cajas se distribuyeron sin orden.

Se registró diariamente y de manera acumulativa, el porcentaje de germinación de semillas no-escarificadas a través del tiempo, como variable dependiente de la temperatura de almacenamiento (objetivo 4) y el porcentaje de germinación de semillas escarificadas a través del tiempo, como variable dependiente de la temperatura de germinación (objetivo 5).

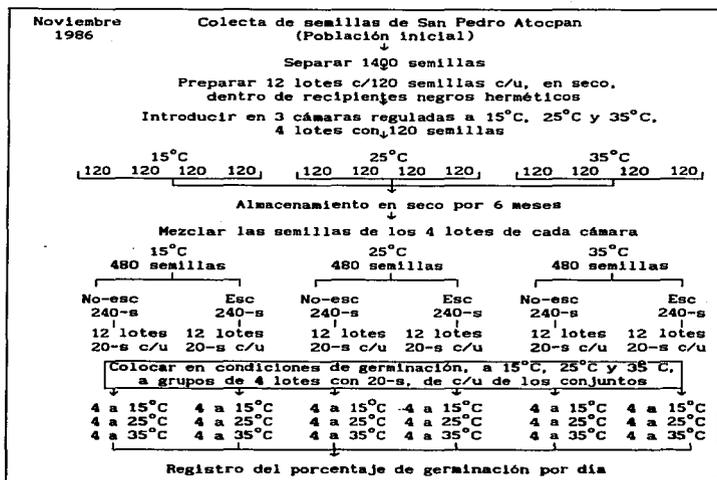


Figura 2. Diagrama de flujo del método del experimento 2 sobre la latencia y germinación de semillas almacenadas.

#### PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS

El experimento se planteó como un factorial para cada día, de 3 x 2 x 3, donde se utilizó un modelo con tres criterios de clasificación con interacción:

- Temperatura de almacenamiento, con 3 niveles: 15°C, 25°C y 35°C.
- Escarificación, con dos niveles: escarificadas y no-escarificadas.
- Temperatura de germinación, con 3 niveles: 15°C, 25°C y 35°C.

Sin embargo, respecto a este último criterio, el análisis se realizó únicamente con los niveles de 15 y 25°C, debido a que los porcentajes de germinación en 35°C fueron muy bajos y con un retraso considerable respecto a lo obtenido en las otras 2 temperaturas.

Así, el factorial se modifica a 3 x 2 x 2.

Para considerar la falta de aleatorización en las cámaras de ambiente constante, se incluye en el modelo un término de error de restricción, relacionado con los factores aleatorios en que difieren las cámaras de temperatura controlada  $\mu$ , para la germinación regulada a 15°C, 25°C y 35°C:

$$Q_{m(k)}$$

El modelo final es:

$$Y_{ijklkm} = \mu + a_i + b_j + c_k + Q_{m(k)} + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + C_{r(i,jk,m)}$$

i = 1,2,3      Temperatura de Almacenamiento

j = 1,2      Escarificación

k = 1,2,      Temperatura de Germinación

m = 1      Factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación con temperatura controlada

r = 1,2,3,4      Repeticiones dentro de tratamiento

• Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice B.

- Variable dependiente: porcentaje de germinación a través del tiempo.
- Variables independientes: temperatura de almacenamiento (objetivo 4), temperatura de germinación y escarificación (objetivo 5).
- Intervalos de tiempo entre un muestreo y otro: 4 conteos diarios y acumulativos sobre lotes de 20 semillas, para cada tratamiento de escarificación, por cámara de temperatura constante, durante 8 días.
- Número de conteos realizados: 576 conteos totales (72 conteos diarios: 12 por temperatura, durante 8 días).
- Efecto: germinación o no-germinación de la semilla a través del tiempo.
- Causa: Condiciones térmicas de almacenamiento (objetivo 4), condiciones térmicas de germinación y condiciones de escarificación (objetivo 5).

### 5.2.3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### RESULTADOS

Los resultados se presentan enfocando el efecto de la temperatura: a) durante el almacenamiento, como factor que incide sobre la impermeabilidad de la testa y el deterioro de las semillas, y b) durante la germinación, modificando la velocidad de respuesta de las semillas.

En semillas no-escarificadas, se encontró una respuesta diferencial debida a la influencia de las 3 temperaturas a las que estuvieron almacenadas, con porcentajes más elevados desde el día 2, en aquellas que provenian de 25°C y 35°C, respecto a las almacenadas a 15°C, en las cuales no se rebasó el 2.5% en el lapso probado (Figura 12).

Así, para semillas almacenadas a 25 y 35°C, se obtuvieron porcentajes de germinación del 62.5% y 78.75% respectivamente en el día 2, a la temperatura de germinación de 25°C (Pruebas de Tukey para el día 2 del Apéndice B). Estos se incrementaron con el transcurso del tiempo, hasta alcanzar en el día 5 un 76.25% de germinación, en semillas que se habían almacenado a 25°C y un 95% de germinación, en semillas que se habían almacenado a 35°C.

Estos resultados permiten proponer que en la temperatura de almacenamiento de 15°C, se mantuvo el estado latente de las semillas; mientras que en las temperaturas de almacenamiento de 25°C y 35°C, sí se promovió la ruptura de la latencia en una proporción considerable de semillas no-escarificadas.

Respecto a las temperaturas de germinación, las semillas presentaron muy bajos porcentajes en la temperatura de 35°C, con un máximo de 3.3% al día 5 y sólo en aquellas previamente almacenadas a 15°C. Es por esta razón, que en el análisis estadístico del factor temperatura de germinación (TGerm), de los días 2, 3, 4 y 5 (Cuadros B.1, B.2, B.3 y B.4 del Apéndice B) se consideró únicamente la respuesta obtenida a 15°C y a 25°C.

La temperatura de germinación más favorable de las 2 ensayadas, fue la de 25°C, ya que en ella se alcanzaron los porcentajes máximos en un lapso más corto respecto a la de 15°C (Figuras 12 y 13).

Desde el día 2 fueron elevados los porcentajes de germinación a la temperatura de 25°C: a) En semillas escarificadas se obtuvo un 100% en las almacenadas a 15°C, un 87.5% en las almacenadas a 25°C y 91.25% en las almacenadas a 35°C. b) En semillas no-escarificadas se obtuvo un 2.5% en las almacenadas a 15°C, un 62.5% en las almacenadas a 25°C y 78.75% en las almacenadas a 35°C. (Figuras 12 y 13).

En cambio, en la temperatura de germinación de 15°C, no hubo respuesta en el día 2 (0%). Esta se presentó hasta el día 3, con porcentajes intermedios que fueron, en semillas escarificadas, desde 33.75% en las almacenadas a 15°C, 50% en las almacenadas a 25°C y 40.5% en las almacenadas a 35°C; y en semillas no-escarificadas, desde 32.5% en las almacenadas a 25°C y 16.25% en las almacenadas a 35°C (Figuras 12 y 13).

Los máximos porcentajes obtenidos a la temperatura de germinación de 25°C, se alcanzaron en el día 4 tanto en las semillas almacenadas a 15°C, con un 91.23%, como en las semillas almacenadas a 25°C, con un 93.5%. Por su parte, estos valores máximos se registraron en el día 5, para las semillas almacenadas a 35°C, con un 97.5% de germinación.

Se concluye que la germinación fue más favorecida por la temperatura de 25°C, con una respuesta más rápida que en la de 15°C.

Los altos porcentajes de germinación en el lapso de 5 días, cercanos o superiores al 80% para semillas no-escarificadas y cercanos o superiores al 95% en semillas escarificadas, mostraron una alta proporción de semillas viables, que se mantuvo después del almacenamiento, en 3 temperaturas constantes. Ello demuestra que en 6 meses, las semillas no sufrieron deterioro por las condiciones secas y de temperaturas constantes a 15°C, 25°C y 35°C.

La comparación de los resultados diarios entre semillas escarificadas y no-escarificadas, a través de pruebas de "t" (Apéndice B), indican lo siguiente:

a) En el día 2 hay mayores porcentajes de germinación con semillas escarificadas, que con no-escarificadas.

b) En los días 3 y 4, deja de ser significativa la diferencia, sólo en aquellas previamente almacenadas a 35°C.

c) Sin embargo, en el día 5 se vuelve a marcar la diferencia en el porcentaje de germinación de semillas escarificadas y no-escarificadas, de aquellas previamente almacenadas a 35°C, con un incremento en los valores de semillas escarificadas, que fueron superiores a los de semillas no-escarificadas (Figura A.1).

Semillas No-Escarificadas, Almacenadas a 15, 25 y 35 C  
Germinadas a 15 C y 25 C

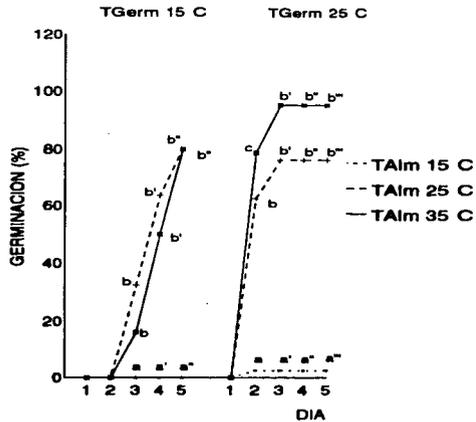


Figura 12. Germinación a 15°C y 25°C, de Semillas No-escarificadas, previamente almacenadas por 6 meses a 15°C, 25°C y 35°C

Escarificadas, Almacenadas a 15, 25 y 35 C  
Germinadas a 15 C Y 25 C

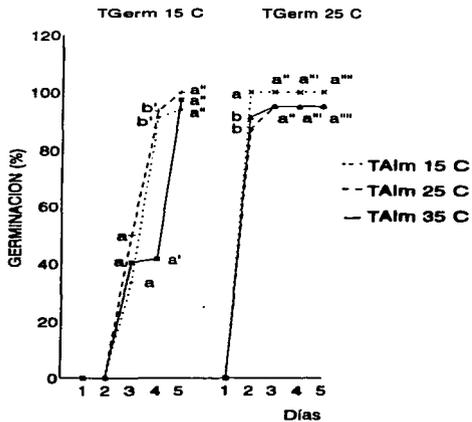


Figura 13. Germinación a 15°C y 25°C, de Semillas Escarificadas, previamente almacenadas por 6 meses a 15°C, 25°C y 35°C

## DISCUSION

De las 3 condiciones térmicas constantes en que se almacenaron las semillas de *I. purpurea* durante 6 meses, sólo las 2 temperaturas más altas 25°C y 35°C, tuvieron una fuerte influencia sobre la ruptura de la latencia de las semillas que originalmente (en el momento de su dispersión) contaban con una testa dura, responsable de la falta de germinación.

En semillas de la familia Convolvulaceae, Dubey y Mall (1972) trabajando con *Merremia gangetia*, que presenta testa impermeable, encontraron un incremento en germinación a medida que se prolonga el almacenamiento de 1 a 4 meses y el efecto se vió favorecido con la exposición a temperaturas altas de 25° y 45°C.

En semillas duras de especies pertenecientes a otras familias, se reportan también a las temperaturas altas, como promotoras de la ruptura de la latencia por cubiertas impermeables:

Baskin y Baskin (1974) señalan que en *Geranium carolinianum* se logra volver permeables a las semillas, al exponerlas en un régimen seco o en uno seco /húmedo, a las temperaturas altas de 25°C, 30°C/15°C y 35°C/20°C.

Williams y Elliott (1960) reportan en 3 especies de Leguminosas anuales, que las temperaturas altas en la superficie del suelo de un clima Mediterraneo en verano, propician la ruptura de la cubierta seminal, con el incremento en los porcentajes de germinación.

En semillas duras de *Heliocarpus donell-smithii*, Vazquez Yanez y Orozco Segovia (1982) determinan que el cambio hacia la permeabilidad de la cubierta, depende de temperaturas superiores a los 30°C.

Las semillas duras del árbol pionero *Rhus javanica*, se vuelven permeables y capaces de germinar, después de una exposición a la temperatura alta de 55°C por lapsos de 30 a 120 minutos (Washitani 1988).

En *Crotalaria spectabilis*, la latencia de las semillas debida a cubierta seminal impermeable, se pierde en un 24% de la población después de permanecer almacenadas en seco a 23°C por 3 meses y este porcentaje se incrementa a 47%, una vez transcurrido 1 año en las mismas condiciones (Egley 1979).

A partir de los resultados obtenidos con métodos artificiales para romper la latencia, como los que se han mencionado, se ha propuesto para semillas de Malvaceas (Egley 1989) que la temperatura puede actuar como factor de estrés, induciendo contracciones y expansiones de las células en empalizada, abundantes en hemicelulosa y ligeramente lignificadas, localizadas en la región calazal de estas semillas, causando que las células subpalizadas adyacentes se rompan en las porciones de pared más delgadas. Esto permitiría que cierta humedad entrara en contacto con la hemicelulosa higroscópica, proocando una expansión celular que haría extensiva la ruptura de la cubierta.

Por otra parte, Koller (1972, en Kozlowski 1972) menciona que las semillas que se mantienen a temperaturas bajas, no logran perder su latencia. Las semillas de *Merremia gargetia* con latencia por cubierta seminal, no incrementan su germinación cuando se mantienen durante 1 y 3 años a la temperatura baja constante de 15°C, obteniéndose un 2% de germinación máximo en este lapso (Dubey y Mall 1972).

Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en el presente experimento, donde la temperatura de 15°C, mantuvo a las semillas de *J. purpurea* con sus características de cubierta seminal impermeable.

Pasando ahora a la influencia de la temperatura como factor que actúa sobre la tasa de germinación en semillas con 6 meses de almacenamiento, se volvió a observar como en el experimento 1, que las semillas llevaron a cabo el proceso de germinación a 15°C y 25°C, pero no a 35°C, donde hubo deterioro por pudrición de los tejidos; en esta última temperatura, nuevamente el desarrollo de la radícula, cuando se presentó, fue muy lento y mostró deformaciones en grosor.

Comparando la germinación de las semillas de *Parthenium argentatum* con 6 meses de edad, respecto a aquellas con una edad de 3 a 5 años, ambos lotes presentaron una fuerte sensibilidad a las temperaturas de 30°C y 35°C, que produjeron una reducción muy importante en los porcentajes de germinación, debido al decremento en la viabilidad de las semillas. Esta respuesta no se correlacionó con el proceso de envejecimiento (Ojeda y Trione 1990).

Las especies anuales de dunas, *Erofilia verna*, *Mibora minima* y *Saxifraga tridactylites*, reconocidas como anuales de invierno, son capaces de germinar a las temperaturas de 5°C, 10°C y 15°C, con un aumento en el porcentaje y en la tasa de germinación a medida que se incrementa su edad desde 4 semanas hasta 24 semanas (6 meses) después de la dispersión; sin embargo, es notable la sensibilidad de las semillas a la temperatura de 25°C, donde más del 90%, si no es que la totalidad, permanecen latentes sin importar la edad de la semilla (Pemadasa y Lovell 1975). Los autores sugieren que las altas temperaturas son efectivas en imponer latencia

En *I. purpurea* los altos porcentajes de germinación a 15°C y 25°C, con semillas no-escarificadas, reflejan altos porcentajes de semillas quiescentes. Así, la falta de germinación a 35°C no se debió a la cubierta, pues ésta habíadejado de ser impermeable, sino a la temperatura misma cuyo efecto está imponiendo latencia. Sin embargo, en el estado embebido en que se encontraban las semillas, la temperatura causó un efecto deletereo en las mismas, con la consecuente pudrición en unos cuantos días.

Volviendo a las temperaturas de germinación, en semillas con 6 meses de almacenamiento se detectó una respuesta más rápida y mayor a 25°C que a 15°C, lo cual concuerda con los resultados de Cole y Coats (1973) y Crowley y Buchanan (1980), quienes reportan para *I. purpurea* una emergencia de radícula más lenta a 15°C y obtienen un desarrollo óptimo de raíz-hipocótilo a 24°C.

Cabe recordar que en las semillas de *I. purpurea* recién cosechadas y escarificadas (temporada otoño-invierno), la germinación en las 3 temperaturas ensayadas, fue más favorable a 15°C y en segundo lugar a 25°C. En cambio, después del almacenamiento por 6 meses su comportamiento cambió, mostrando un requerimiento mayor de temperatura (25°C), que coincide con las temperaturas del verano.

Se ha sugerido en la literatura, que los mecanismos de latencia innata y forzada están involucrados en controlar el tiempo en que ocurre la germinación de las semillas de especies anuales y se ha propuesto la siguiente explicación para éste fenómeno:

Harper (1985) señala que la capacidad de germinación es baja en semillas de reciente formación, debido a una latencia innata, a lo cual Pemadasa y Lovell (1975) agregan, que la respuesta de estas semillas se favorece por temperaturas inferiores a las prevalecientes a la temporada que sigue a su dispersión, gracias a lo cual se evita su germinación.

Sin embargo, al transcurrir un cierto periodo, con incremento en la edad de las semillas, éstas pueden germinar rápidamente, debido a que han experimentado un proceso de posmaduración en el embrión (Baskin y Baskin 1973, 1982) o un debilitamiento de su cubierta seminal dura (Quinlivan 1968, 1971a, Baskin y Baskin 1974, Vazquez Vanes y Orozco Segovia 1982) y se ha ampliado el rango de temperatura para la germinación (Baskin y Baskin 1975, 1985, 1987).

Las semillas de *I. purpurea* almacenadas por 6 meses en 3 condiciones térmicas, incrementaron su velocidad de germinación a 25°C respecto a la etapa de recién cosechadas, obteniendo en el día 2 valores cercanos al 80% en semillas no-escarificadas y del 90% al 100% en semillas esscarificadas, a diferencia del 58% alcanzado por semillas recién cosechadas en el mismo lapso. En cambio, a la temperatura de germinación de 15°C, las semillas almacenadas lograron registros de germinación cercanos o superiores al 80%, hasta el día 5 en semillas no-escarificadas y en el día 4 en semillas esscarificadas, lo cual contrasta con el 96% de germinación registrado en el día 2 para semillas esscarificadas recién cosechadas.

En *Aira caryophyllae* y *Vulpia membranacea* (Pemadasa y Lovell 1975) se han encontrado respuestas semejantes con el incremento en la edad de la semilla. Así, en etapa de recién formadas, muestran un decremento en la germinación al aumentar la temperatura, con valores del 70% desde 10°C, hasta porcentajes inferiores al 50% en 15°C y 25°C. Pero en semillas con 4 meses de edad, la respuesta es más rápida a 15°C que a 10°C, alcanzando en ambos, porcentajes entre el 80% y 100% de germinación.

También Caplenor (1967) reporta que las semillas recién formadas de *Helenium amarum* germinan en altos porcentajes a 11°C, 15°C y 19°C pero al aumentar el periodo de almacenamiento a temperaturas de laboratorio, hay incremento en la temperatura óptima de germinación y decrece la inhibición por temperaturas amplias: semillas con 1 año en estas condiciones, germinan mejor a 19°C y con 2 años lo hacen favorablemente entre 15°C y 23°C.

Un tercer tipo de efecto que puede provocar la temperatura, es el deterioro de las semillas, que resulta en una pérdida general de la viabilidad conforme se prolonga el periodo de almacenamiento. Resultados al respecto se han encontrado también en *Helenium amarum*, donde los porcentajes de germinación en semillas recién dispersadas fue 86.7% a 19°C, en semillas con 1 año de almacenamiento fue de 65.3% a 19°C y en semillas con 2 años, de 26% a 15°C (Caplenor 1967).

Sin embargo, en *I. purpurea* los resultados con semillas escarificadas demostraron que en un lapso de 6 meses, éstas conservaron su viabilidad y vigor, pues se obtuvieron porcentajes cercanos o superiores al 80% de germinación en tiempos cortos, sin importar la temperatura de almacenamiento a la que estuvieron sujetas. Cuando las semillas escarificadas se expusieron a la temperatura de germinación de 25°C, las temperaturas de almacenamiento no tuvieron efecto sobre la respuesta de germinación, alcanzando porcentajes cercanos o superiores al 90% en el segundo día.

La germinación de *I. purpurea* a 15°C y 25°C, con semillas recién cosechadas y con almacenadas por 6 meses, permite plantear que la especie es capaz de desarrollar nuevos individuos no sólo en la temporada de lluvias, con temperaturas de las estaciones primavera-verano, sino también fuera de ellas, en el lapso de las estaciones invierno-primavera, cuyas temperaturas son más bajas. Ello la convierte en un problema serio de repoblación de los terrenos de cultivo.

### 5.3. EXPERIMENTO 3. GERMINACION Y DECREMENTO DE LA POBLACION EN BANCOS ENTERRADOS A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS.

#### 5.3.1. INTRODUCCION

Los resultados obtenidos en laboratorio, indicaban que la temperatura jugaba un papel importante en la eliminación de la latencia, cuando se aplicaba como factor individual a 25°C y 35°C.

Sin embargo, la efectividad de la condición térmica y la magnitud de su efecto en las cámaras de ambiente controlado, dependió de la forma en que se aplicaron los tratamientos, con una constancia de las condiciones de laboratorio y un ambiente seco en el que se mantuvieron las semillas.

Lo anterior ponía en evidencia la influencia que puede ejercer la temperatura, pero distaba de simular las características del ambiente natural en un terreno de cultivo, con la variación de los factores incidentes.

Por ello se plantearon 3 experimentos con semillas enterradas en campo a diferentes profundidades, lo que permitía evaluar los cambios de las poblaciones sometidas a las condiciones en que se encuentran normalmente en el suelo.

Con el presente experimento se pretendía comparar el resultado del almacenamiento en laboratorio con lo que sucede en el campo, para lo cual se mantuvieron enterradas semillas de la última cosecha dentro de bolsas de malla de plástico, en contacto directo con el suelo. Se eligieron las profundidades de 5, 10, 20 y 30 cm, como el rango en que se pueden distribuir las semillas por las labores del terreno de cultivo.

En 4 meses de la temporada de lluvias, desde junio hasta septiembre de 1988, se llevó un registro de las semillas germinadas (= aquellas que habían perdido su latencia tegumentaria y habían desencadenado el proceso), de las semillas no-germinadas (= aquellas que mantenían su latencia tegumentaria) y de estas últimas las semillas viables.

### 5.3.2. METODO

#### FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES

Para los objetivos 6 y 7 (efecto de distintos niveles de enterramiento en el suelo, sobre la germinación y el decremento en semillas de los bancos, durante distintos periodos mensuales de la temporada de lluvia), se utilizó una muestra de 5600 semillas no-escarificadas, de la población inicial colectada en 1987. las semillas se contaron 1 por 1, sin tomar ningun criterio, hasta completar 5600 (Figura 3).

La muestra se dividió en 16 bolsas de malla de plástico numeradas (abertura del poro de 2 mm). Las semillas se depositaban 1 a 1 en las 16 bolsas, de manera secuencial: la 1° semilla en la bolsa número 1, la 2° en la bolsa número 2 y así sucesivamente hasta la 16° semilla en la bolsa número 16; el procedimiento se repetía hasta contar con 350 semillas por bolsa. A estas bolsas se les consideraba como bancos de semillas localizados a una cierta profundidad.

En febrero de 1988, el terreno para el experimento en campo se dividió en 16 porciones y se hizo la asignación de los lugares a las bolsas que se iban a enterrar a 4 profundidades, tomando una tarjeta de cada uno de los siguientes grupos:

- a) Grupo de 16 tarjetas numeradas del 1 al 16, correspondientes a los sitios del terreno;
- b) Grupo de 16 tarjetas numeradas, repitiendo 4 veces los números 1, 2, 3 y 4 para agrupar en conjuntos de 4 bolsas;
- c) Grupo de 16 tarjetas numeradas, repitiendo 4 veces los números correspondientes a cada una de las 4 profundidades: 5, 10, 20 30 cm.

De esta manera, en el terreno se tuvieron 4 pozos por profundidad, cada uno con 350 semillas, contenidas en bolsas de malla de plástico.

Las semillas permanecieron en estas condiciones hasta el inicio de la temporada de lluvias, correspondiente en ese año (1988) al mes de mayo. Entonces, en cada pozo se hizo un recuento de las semillas que persistían sin germinar. De cada una de las 4 bolsas correspondientes a la misma profundidad, se tomaron 50 semillas para formar una mezcla de 200, que evitara el efecto de sitio, la cual a su vez se separó en 8 bolsas de malla

de plástico, siguiendo el mismo procedimiento descrito arriba: las semillas se depositaban 1 a 1 de manera secuencial, en 8 bolsas numeradas: la 1<sup>o</sup> semilla en la bolsa número 1 y la 8<sup>o</sup> en la bolsa número 8, hasta contar con 25 semillas por bolsa.

En cada profundidad se utilizaron los mismos 4 pozos donde se habían depositado originalmente las bolsas banco con 350 semillas. En ellos se colocó un par de bolsas de malla de plástico (bolsas de prueba) conteniendo 25 semillas cada una y además, la bolsa de malla de ese pozo donde quedaba incluido el resto de semillas no-germinadas (bolsas banco). Las bolsas por pozo se mantuvieron sujetas a estacas de referencia para su localización.

Para repartir las 8 bolsas en los 4 pozos por profundidad, se numeraron 2 grupos de tarjetas, repitiendo 2 veces los números 1, 2, 3 y 4 y se sacaba una tarjeta de cada uno.

Una vez transcurridos 30 días, al siguiente mes (junio) se registró el número de semillas germinadas y no-germinadas de cada una de las bolsas que conformaban las 8 repeticiones por profundidad. Por su parte, también se anotaron las semillas germinadas y no-germinadas de las bolsas consideradas como bancos y que constituían el resto de las semillas.

En ese momento del mes de junio, se volvieron a tomar 50 semillas no-germinadas, de cada una de las 4 bolsas-banco por profundidad, para obtener una mezcla de 200 semillas que se separó en 8 bolsas de malla de plástico con 25 semillas, siguiendo el mismo procedimiento del mes anterior.

Se repitió la misma secuencia en los meses de julio y agosto, para obtener el último registro en el mes de septiembre.

La colocación de los lotes de semillas duras a las 4 profundidades, exponía a las semillas a la gradación de condiciones ambientales dada a diferentes niveles, lo que permitía evaluar el efecto del microambiente sobre la permeabilidad de la cubierta.

Al extraer las semillas, si se alteraban las condiciones naturales; sin embargo, se consideró que la repercusión de este movimiento no era tan severa en las semillas, de acuerdo a lo siguiente:

Por una parte, las semillas podrían variar su nivel de fitocromo activo (Pfr) por exposición a la luz, lo cual se rechaza porque las semillas de *I. purpurea* son indiferentes a la luz: experimentos con luz blanca, luz roja lejana y oscuridad, no muestran diferencias significativas en los porcentajes de germinación, cercanos al 50%, de semillas no-escarificadas con 3 meses de edad (Brechú Franco y Cruz García, experimento no publicado).

Por otra parte, las semillas no variaban su contenido de humedad, porque eran impermeables. Si ésto llegaba a pasar, se detectaba fácilmente por lo blando de las semillas que estaban embebidas, las cuales se desechaban de la preparación de los lotes, para usar sólo semillas duras.

Se podría pensar en una oxigenación que provocara cambios en la testa; sin embargo las reacciones en las que puede estar involucrado el oxígeno, como la oxidación de compuestos fenólicos, requieren de periodos prolongados que exceden el lapso en que se desenterraron las semillas de *I. purpurea*.

Se anotó mensualmente y de manera puntual, el porcentaje de germinación (objetivo 6) y el porcentaje de semillas no-germinadas (objetivo 7), como variables dependientes de la profundidad de enterramiento y del tiempo.

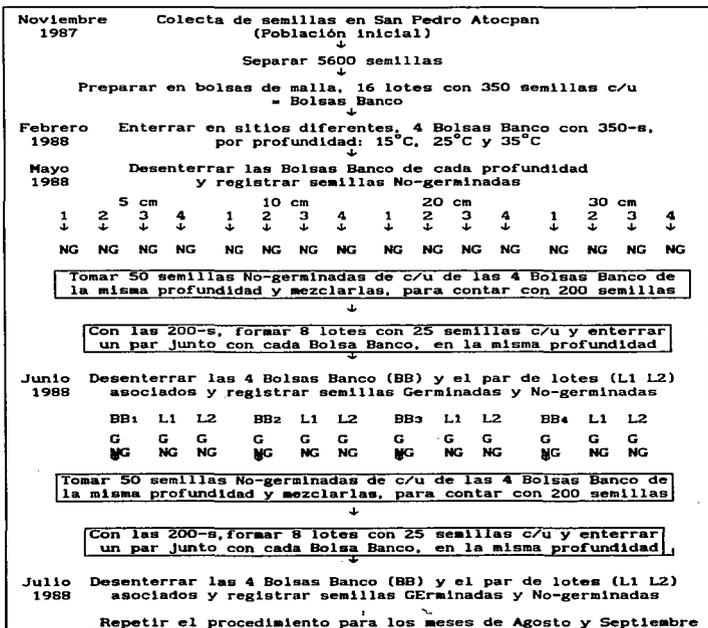


Figura 3. Diagrama de flujo del método del experimento 3 sobre germinación en bancos enterrados a 4 profundidades en la temporada de lluvias.

## PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS

### EXPERIMENTO CON LOTES DE 25 UNIDADES (TAMAÑO DE MUESTRA FIJO CADA MES)

Se utilizó un modelo con 1 criterio de clasificación, para cada uno de los 4 meses del experimento :

- Profundidad de enterramiento, con 4 niveles: 5, 10, 20 y 30 cm

El modelo empleado fue:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_{j(i)} + E_{k(ij)}$$

i = 1, 2, 3, 4	Profundidad de enterramiento
j = 1, 2, 3, 4	Pozo dentro de tratamiento
k = 1, 2, ..., 7, 8,	Repeticiones

- Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice C.
- Variables dependientes: % de germinación (objetivo 6) y % de semillas no-germinadas (objetivo 7).
- Variables independientes: profundidad de enterramiento y tiempo de permanencia en el suelo durante la temporada de lluvias.
- Intervalos de tiempo entre un conteo y otro: cada mes durante 4 meses de la temporada de lluvias, para ambos objetivos.
- Número de conteos realizados: 128 conteos totales (8 conteos mensuales sobre 25 semillas por profundidad: 5, 10, 20 y 30 cm, durante 4 meses de la temporada de lluvias).
- Efecto: germinación de la semilla (objetivo 3) y persistencia de semillas no-germinadas (objetivo 4).
- Causa: Profundidad de enterramiento y tiempo de permanencia en el suelo durante 4 meses de la temporada de lluvias.

## EXPERIMENTO CONSIDERANDO LA RESPUESTA GLOBAL DE LAS POBLACIONES ENTERRADAS EN CADA PROFUNDIDAD

La respuesta global que tuvieron mensualmente las semillas enterradas en las 4 distintas profundidades, permite conocer el comportamiento de las poblaciones ubicadas en distintos niveles del suelo. Ello complementaba la información obtenida con lotes cuyo tamaño de muestra era fijo (25 semillas).

Así, se evaluó conjuntamente la influencia de los factores mes y profundidad, sobre la germinación por una parte y sobre la persistencia de semillas no-germinadas por otra:

- Mes de muestreo, con 5 niveles: mayo, junio, julio, agosto y septiembre.
- Profundidad de enterramiento, con 4 niveles: 5, 10, 20 y 30 cm.

Se utilizó un modelo factorial 5 x 4:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + E_{k(i,j)}$$

- |                    |   |
|--------------------|---|
| i = 1, 2, 3, 4 y 5 | Mes de muestreo, de mayo a septiembre           |
| j = 1, 2, 3 y 4    | Profundidad de enterramiento: 5, 10, 20 y 30 cm |
| k = 1, 2, 3 y 4    | Repeticiones                                    |

- \* Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice C.
- Variables dependientes: % de germinación (objetivo 6) y % de semillas no-germinadas (objetivo 7).
- Variables independientes: profundidad de enterramiento y tiempo de permanencia en el suelo durante la temporada de lluvias.
- Intervalos de tiempo entre un conteo y otro: cada mes durante 5 meses de la temporada de lluvias, para ambos objetivos.
- Número de conteos realizados: 64 conteos totales, para obtener los datos mensuales del comportamiento global de las poblaciones enterradas a 4 profundidades: 4 conteos mensuales sobre las semillas de las bolsas banco y las dos bolsas prueba (con 25 unidades), por 4 profundidades: 5, 10, 20 y 30 cm, durante 4 meses de la temporada de lluvias.
- Efecto: germinación de la semilla (objetivo 3) y persistencia de semillas no-germinadas (objetivo 4).
- Causa: Profundidad de enterramiento y tiempo de permanencia en el suelo durante 4 meses de la temporada de lluvias.

### 5.3.3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### RESULTADOS

##### - CON LOTES DE 25 UNIDADES (TAMAÑO DE MUESTRA FIJO CADA MES)

Los A. de V. para la persistencia de semillas no-germinadas en cada mes de la temporada de lluvias, obtenida de los lotes prueba con 25 unidades cada uno, mostraron que no hay suficiente evidencia para afirmar la existencia de un efecto significativo de la profundidad, sobre la respuesta de las mismas (Junio= F: 0.872 P: No Significativa; Julio= F: 0.23 P: No Significativa; Agosto= 0.44 P: No Significativa; Septiembre= F: 1.71 P: No Significativa) (Cuadro C.1, Apéndice C) (Figura 14).

La comparación de las medias de cada mes (Cuadro C.1, Apéndice C) reveló que únicamente en el primer muestreo, correspondiente a junio, hubo un decremento considerable en el porcentaje de semillas no-germinadas que persistieron en el suelo a las 4 profundidades: del 100% original (= 90 V Trf), al 52.5% (=46.44 V Trf).

Esto contrasta con la mínima disminución que sufrieron los bancos, en los 3 meses subsecuentes: del 100% inicial de semillas no-germinadas, en julio descendió al 99.38% (= 88.19 V Trf), en Agosto al 99.13% (= 87.89 V Trf) y en Septiembre al 99.5% (= 88.76 V Trf) (Cuadro C.1, Apéndice C).

Las reducciones que se encontraron en los bancos al final del mes de junio, se debieron al proceso de germinación, registrando valores cercanos al 40%, que no mostraron diferencias estadísticas entre las 4 profundidades (F: 0.94 P: No Significativa) (Cuadro C.2, Apéndice C). Los porcentajes por profundidad son los siguientes: 5 cm = 44.5% (42.07 V Trf), 10 cm = 42% (40.38 V Trf), 20 cm = 46% (46.7 V Trf) y 30 cm = 46% (42.7) (Figura 15).

En los 3 meses siguientes al primer mes de la experimentación: julio, agosto y septiembre, aún contando con un ambiente húmedo propicio, las semillas que permanecieron sin germinar en junio, se mantuvieron en estas condiciones hasta el final de la temporada de lluvias (Figura 15).

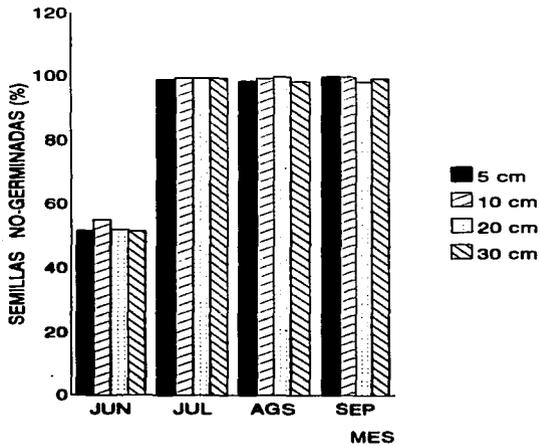
Las semillas no-germinadas que se recuperaron del suelo, fueron viables, por lo cual se les consideró como semillas latentes.

**Cuadro C.1. Comparación de A. de V. para los registros de semillas no-germinadas que persisten en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre**

		JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPT		
Fuente	GL	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P
Profundidad	3	218.74	0.83	No S	4.16	0.23	No S	23.31	0.44	No S	21.88	1.71	No S
Peso (Prof)	12	264.06	2.51	0.04	18.03	0.87	0.59	53.06	9.38	0.00	12.81	0.76	0.68
Error	18	105.13			20.81			5.88			16.76		
Total	31	177.64			18.12			15.71			15.73		
Media		72.44			88.20			87.89			88.77		
R cuadrada		0.89			0.41			0.89			0.45		
C. V.		14.15			5.17			2.71			4.61		

No S : No Significativo,  $P > 0.10$

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
POR MES A 4 PROFUNDIDADES**



**Figura 14. Persistencia de semillas No-germinadas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad, en 4 meses de la temporada de lluvias.**

**GERMINACION A 4 PROFUNDIDADES  
EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS**

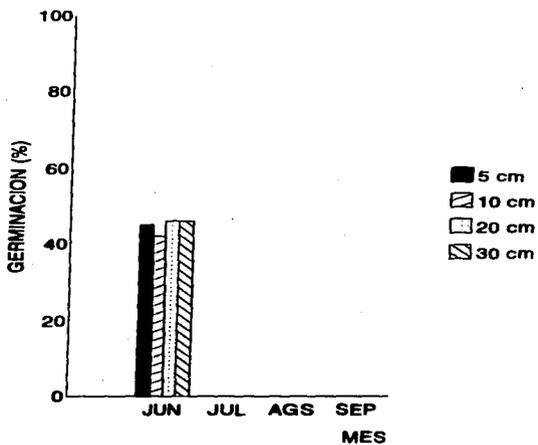


Figura 15. Germinación de semillas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad, en 4 meses de la temporada de lluvias.

- RESPUESTA GLOBAL DE LAS POBLACIONES ENTERRADAS EN CADA PROFUNDIDAD

Respecto a la persistencia de semillas no-germinadas (Figura 16, el A. de V. reveló que no hubo un efecto conjunto de los factores mes y profundidad (Fc: 50.704, Niv. Sig.: 0.7975) (Cuadro C.3, Apéndice C).

Enfocando cada uno de ellos de manera individual, el A. de V. mostró un posible efecto del factor profundidad, que se acercaba al límite para considerar que no había una influencia significativa del mismo (Fc: 3.492, Niv.Sig.: 0.0210). Esto se reflejó en el Análisis de Rango Múltiple (Tukey) (Cuadro C.5, Apéndice C), en el cual no se detectaron diferencias entre las 4 profundidades ensayadas. Sin embargo, si se observó una tendencia a persistir una menor proporción de semillas no-germinadas en 5 cm de profundidad (47.92% = 43.78 V Trf) que en las 3 profundidades mayores (10 cm: 49.26% = 44.58 V Trf; 20 cm: 51.72% = 46.04 V Trf; 30 cm: 51.78% = 46.08 V Trf) (Cuadro C.5 y Figura C.2, Apéndice C).

En cambio, el factor mes sí tuvo una influencia altamente significativa (Fc: 50.704, Niv. Sign: 0.0001)(Cuadro C.3, Apéndice C), con una mayor persistencia de semillas en mayo (64.95% = 53.73 V Trf) que en los 4 meses siguientes, donde no hubo diferencias entre ellos (con un rango de 46.5% = 42.73 V Trf) a 47.65% = 43.63 V Trf) (Cuadro C.4, Apéndice C). (Figura C.3, Apéndice C).

Se encontraron altos porcentajes de viabilidad en las semillas no germinadas, superiores al 90%, por lo cual se consideraron como latentes.

En relación a las semillas germinadas (Figura 17), tampoco se encontró con el A. de V. un efecto de interacción de los 2 factores (Fc: 1.026, Niv Sig: 0.4375), pero en este caso sí se detectó una influencia altamente significativa tanto del tiempo en meses (Fc: 68.059, Niv Sig: 0.0001) como de la profundidad (Fc: 5.558, Niv Sig: 0.0020) (Cuadro C.6, Apéndice C).

En el caso del factor mes, se encontró un menor porcentaje de germinación en mayo (30.18% = 33.22 V Trf) que en los siguientes 4 meses, donde no hubo diferencias significativas entre ellos (junio: 49.68% = 44.85 V Trf; julio: 52.9% = 46.65 V Trf; agosto 53.3% = 46.89 V Trf; septiembre: 53.3% = 46.89 V Trf)(Cuadro C.7, Figura C.5, Apéndice C).

De acuerdo a la profundidad, hay una mayor germinación en semillas enterradas a 5 cm (50.82% = 45.5 V Trf) que en las de 20 cm (46.3% = 42.78 V Trf) y 30 cm (45.36% = 42.2 V Trf). Además, se observa una tendencia a presentar mayores porcentajes de germinación en las semillas enterradas a 10 cm de profundidad (49% = 44.4 V Trf) (Cuadro C.8, Figura C.4, Apéndice C) sin diferencias significativas con lo obtenido a 5 cm.

**PORCENTAJE GLOBAL DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
POR MES A 4 PROFUNDIDADES**

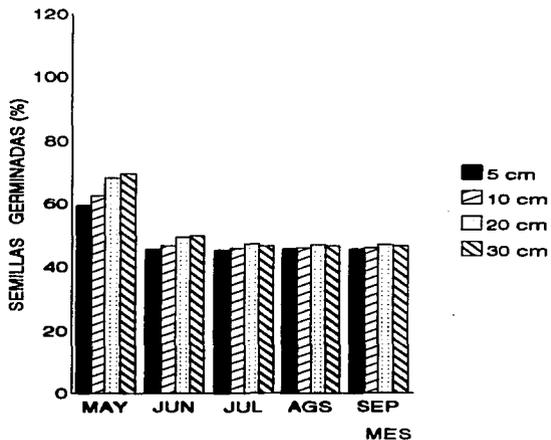


Figura 16. Persistencia global de semillas No-germinadas, por mes (Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre) y por profundidad (5, 10, 20 y 30 cm).

**PORCENTAJE GLOBAL ACUMULADO DE SEMILLAS GERMINADAS, POR MES A 4 PROFUNDIDADES**

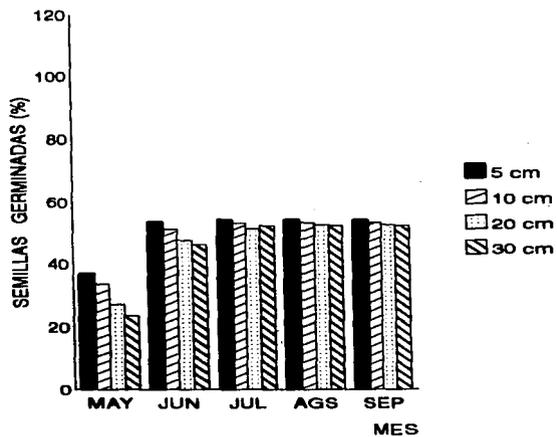


Figura 17. Germinación Global Acumulada, por mes (Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre) y por profundidad (5, 10, 20 y 30 cm).

## DISCUSION

Los resultados del almacenamiento por 6 meses en condiciones constantes y controladas del experimento 2, donde el único factor de variación fue la temperatura, mostraban una fuerte influencia de esta última, provocando cambios drásticos en la ruptura de la latencia tegumentaria. De la población inicial de semillas con cubierta impermeable, aquellos lotes sometidos a 25°C y 35°C, presentaron porcentajes de germinación elevados, de alrededor del 80% al 95%.

Estos datos contrastan con los obtenidos en el presente experimento 3, cuyas pruebas realizadas en campo durante el mismo lapso, revelaron una menor proporción en la pérdida de la latencia de las semillas, con porcentajes de germinación cercanos al 40% y el resto de las semillas latentes.

Hay una diferencia evidente entre los resultados de ambos ensayos, con un mayor número de semillas que permanecieron latentes en el campo.

Algunos datos adicionales que contribuyen a explicar el comportamiento de *I. purpurea*, los ofrece, el trabajo de Wong (1991), quien a través de revisiones mensuales desde diciembre de 1989 hasta mayo de 1990, encuentra lo siguiente:

En campo, los registros de temperatura tomados *in situ* a 25 cm de profundidad, entre las 10:30 y 11:00 am, indicaban lecturas de 18°C de diciembre a febrero y de 20°C de marzo a mayo. Mientras que a nivel superficial, las lecturas realizadas con un termómetro de temperaturas máximas y mínimas, mostraban una fluctuación muy amplia, de 6°C a 37°C.

En los microambientes de 25 cm y 5 cm de profundidad, hubo semillas que perdieron su latencia tegumentaria (se convirtieron en quiescentes): en el primer caso (25 cm) fue de 42% a 54%, sin diferencias significativas entre los 6 meses muestreados y en el segundo (5 cm), sólo hubo un leve incremento del 41% al 66%. Es decir, alrededor del 50% o 60% de la población estuvo listo para germinar, pero el resto persistió como semillas latentes.

Al igual que los resultados de la presente tesis, los experimentos de Wong (op. cit.) realizados simultáneamente en cámara de temperatura constante de 25°C, ponen en evidencia un incremento progresivo en el porcentaje de semillas quiescentes, que llega a un 94% al término de los 6 meses.

Sin embargo, una pista para explicar la persistencia de semillas de *I. purpurea* en el ambiente natural, la ofrece el ensayo del mismo autor con temperatura fluctuante diaria entre 8°C - 28°C, en el cual nuevamente se detectó un incremento en el porcentaje de semillas que se transformaban en quiescentes, llegando a un 65%, pero no se alcanzó a la totalidad de la población, pues el 35% restante continuó latente al término del lapso de 6 meses.

Los resultados de Wong (op.cit.) con semillas almacenadas a 5 cm en campo y en temperatura fluctuante 8°C - 28°C en laboratorio, sugieren que la amplitud de la fluctuación térmica, no es la causa del cambio en la permeabilidad de las semillas de *I. purpurea*, sino que las semillas son más sensibles a las temperaturas altas, las cuales favorecen su transformación en quiescentes.

En la Naturaleza, la influencia de la temperatura no se presenta de manera continua, sino en ciclos de máxima y mínima intensidad durante el día y cuya amplitud decrece al aumentar la profundidad.

Así, la estimulación de los procesos que vuelven permeables a las semillas por las temperaturas altas, se interrumpe con el descenso de la temperatura durante la noche y es hasta el siguiente día cuando se vuelve a activar su efecto. A mayor tiempo de exposición, las semillas presentan menor grado de latencia.

Sin embargo, en 6 meses de almacenamiento bajo condiciones fluctuantes, una buena proporción de semillas no ha alcanzado el umbral de cambios suficientes para eliminar la impermeabilidad de la cubierta.

En la presente tesis las condiciones de almacenamiento en laboratorio fueron en seco, dentro de recipientes herméticos, donde permanecieron sin ninguna modificación, dentro de cámaras de temperatura constante. En cambio las semillas interactuaban directamente con las variaciones que se dan en el suelo, donde se tiene la incidencia no solo de la temperatura, sino también de otros factores ambientales como la presencia de agua.

Al haber una cierta proporción de humedad en el suelo, el efecto de las temperaturas altas se ve atenuado y no es tan drástico como en el ambiente de las cámaras. En el medio natural, aunque la humedad relativa del suelo disminuye en la temporada de secas, no se presentan las condiciones de sequedad que se alcanzan en el laboratorio; en campos agrícolas, se puede encontrar en esta época, hasta un 25% o menos de Humedad Relativa (Dra. García Calderón, comunicación personal).

De esta forma, el efecto discontinuo de las temperaturas altas en condiciones naturales y la presencia de humedad como componente que mitiga el efecto de la temperatura, podrían ser las causas principales por las cuales no toda la población de semillas de *I. purpurea*, rompe su latencia en el campo.

La pérdida de semillas de los bancos formados de lotes con 25 unidades, que se habían depositado artificialmente en 4 profundidades, se debió a la germinación de un poco más del 40%, sin diferencias significativas entre profundidades, y que ocurrió sólo en el primer mes registrado (junio).

En los tres meses restantes, no hubo variación importante en la disminución de los bancos, permaneciendo altos porcentajes de semillas no-germinadas (cerca del 100%), en los estratos de prueba.

Todas aquellas semillas que no germinaron en el campo fueron latentes, de acuerdo a las pruebas de viabilidad en el laboratorio que fueron positivas.

Se debe recordar que los resultados de semillas enterradas a 4 profundidades en la temporada de lluvias, se basaron en una cantidad constante de semillas en las unidades de muestreo, las cuales se completaban mes con mes con semillas no-germinadas mantenidas dentro de bolsas banco en la misma profundidad. Es decir, aquellas semillas que no tuvieron respuesta al entrar en contacto con el ambiente húmedo y que permanecieron como semillas no-germinadas en las bolsas banco enterradas, fueron las que se añadieron para conservar el tamaño original de las unidades de muestreo.

La manipulación mensual que sacaba a las semillas de los 4 estratos en que permanecían enterradas, exponía por unos minutos (15 a 20 minutos) al ambiente que imperaba en el exterior, donde la iluminación era diferente y el movimiento de la tierra aumentaba la oxigenación de las semillas.

**Exposición a la luz.** Entre los factores ambientales que pueden influir en la respuesta de las semillas, se encuentra la luz, capaz de incidir a nivel del pigmento fotosensible e interconvertible llamado fitocromo.

Las semillas enterradas se encontraban en un ambiente de oscuridad, aun aquellas ubicadas en el estrato más superficial de 5 cm. Esto se debe a que en la mayoría de los suelos, dependiendo de la cantidad de agregados, del tamaño de las partículas y de la humedad, la luz sufre una reducción en su flujo luminoso, así como en la transmitancia de luz Roja (R), al traspasar una capa inferior a 10 mm de espesor (Bliss y Smith 1985). El espectro de luz solar, con  $1900 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y una relación Rojo/Rojo Lejano (R/RL) alta de 1.19, muestra una disminución considerable, hasta  $8.6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  con una relación R/RL baja de 0.88, al filtrarse a través de 5 mm de suelo de composta (Smith 1982).

Cuando las semillas de *I. purpurea* se extrajeron del suelo, para preparar los lotes establecidos en el planteamiento experimental, quedaron expuestas a la luz directa del sol, con un flujo fotónico y una relación R/RL elevados; ello plantea una posible influencia de este factor sobre la respuesta de germinación.

El efecto que podría provocar la luz solar, enriquecida con longitudes de onda del Rojo (R), sería la reversión hacia el fitocromo activo (Pfr).

Sin embargo, un estudio realizado en 1990 con semillas de *I. purpurea* de la última cosecha que tenían 3 meses de edad y que se expusieron para su germinación a 3 calidades de luz (Brechú-Franco y Cruz-García, trabajo no publicado), mostró lo siguiente:

Tanto en semillas no-escarificadas como en semillas escarificadas, no hubo diferencias significativas en los porcentajes de germinación obtenidos en Luz Blanca (LB), Luz Roja Lejana (LRL) y Oscuridad (OSC), presentándose en semillas no-escarificadas un 48% (LB), 52% (LRL) y 49% (OSC) y en semillas escarificadas un 95% (LB), 93.75% (LRL) y 97.5% (OSC).

Con estos resultados se comprueba que las semillas de *I. purpurea* son indiferentes a la luz, pues germinan aún en la condición inhibitoria de luz Roja Lejana y por lo tanto es despreciable el riesgo de una acción estimulante de la luz, sobre su respuesta germinativa

De esta forma, el origen de la respuesta de *I. purpurea* con un 40% aproximado de semillas germinadas en oscuridad, puede provenir de valores fotoestacionarios elevados (Pfr/Ptotal), derivados de las condiciones luminosas que prevalecieron durante su maduración, sobre la planta madre.

Cresswell y Grime (1981) señalan 2 grupos importantes de especies, cuya clorofila declina de los tejidos maternos del fruto en una etapa temprana: los pastos de semillas grandes que germinan en otoño y las leguminosas. Indican que en ambos, más que la luz, es el agua el factor que provee la señal ambiental para la germinación.

Los pastos que germinan en otoño, como *Arrhenatherum elatius*, *Festuca arundinacea* y *Helictotrichon pratense*, que producen y liberan sus semillas en los meses de verano, germinan más o menos sincrónicamente con el inicio de la estación húmeda en otoño, sin tomar en cuenta el ambiente luminoso.

Por su parte, las leguminosas permanecen latentes por sus cubiertas seminales impermeables y germinarán en luz u oscuridad, una vez que se supere esta barrera a la imbibición.

Considerando lo anterior, la formación y maduración de las semillas de *I. purpurea*, se realiza dentro de los tejidos verdes del fruto, que sufren senescencia con un cambio de color verde a café, cuando las semillas han completado su maduración, pero aun no inician su deshidratación. Esto significa que el contenido de clorofila de las estructuras que rodean a las semillas, se pierde antes de que la semilla se seque. Por lo tanto, los tejidos que eran verdes, dejan de tener la capacidad de actuar como filtros, permitiendo que la semilla reciba luz con una relación R/RL alta; ello les permite acumular su fitocromo en la forma activa Pfr, alcanzando un estado fotoestacionario elevado, que las capacita para germinar tanto en luz como en oscuridad.

Si la deshidratación ocurre en estas condiciones, el Pfr puede permanecer almacenado durante meses en esta forma (McArthur 1978, en Orozco Segovia y Vázquez Yanes 1992) en las semillas de *I. purpurea*.

La respuesta de germinación de la población de semillas de *I. purpurea* en oscuridad, se presentaría por la acumulación de suficiente cantidad de Pfr o Pr<sub>total</sub> durante las últimas etapas de maduración en la planta madre y el hecho de que sólo germine el 40%, se debe al cambio de permeabilidad de esta proporción de la población heteroblástica, determinado por el contenido de humedad de las semillas, como se explicará en el siguiente experimento.

**Oxigenación de las semillas.** La extracción de las semillas enterradas, usadas para preparar los lotes del experimento 3, las dejaba expuesta a un ambiente rico en oxígeno, que podría estar influyendo la respuesta de las mismas.

El Oxígeno puede actuar sobre las sustancias de depósito localizadas en las capas de la cubierta seminal de *I. purpurea*, como lípidos, suberina y cutina, hemicelulosas, realizando oxidaciones en los ácidos grasos de los compuestos lipídicos, así como en los enlaces glucosídicos de las hemicelulosas presentes; ello debilitaría la constitución de la testa y convertiría a la semilla en permeable al agua.

Por su parte, la presencia de taninos, que son compuestos de tipo polifenoles, capaces de formar complejos con diversos tipos de compuestos como carbohidratos y proteínas, constituyen un punto de bloqueo importante a la difusión de Oxígeno desde el ambiente exterior, hasta el embrión.

Debido a la gran cantidad de grupos hidroxilo que contienen los polifenoles, éstos son susceptibles de atrapar al Oxígeno, alreaccionar con él, evitando su paso a niveles más profundos de la semilla.

Los polifenoles al sufrir el proceso de oxidación, van reteniendo al Oxígeno, pero simultáneamente van rompiendo las uniones que los ligaban en complejos y se van degradando. Cuando el conjunto de taninos presentes ha quedado oxidado, ya no habría retención de este gas en la testa y podría difundir hasta el embrión.

A pesar de estos antecedentes, se puede considerar que en el experimento 3 de la presente tesis, el tiempo de exposición de las semillas al oxígeno fue muy corto: sólo los minutos necesarios para formar los lotes y enterrarlos nuevamente (alrededor de 20 minutos), en un suelo húmedo a capacidad de campo, el cual se compactó rápidamente y no permitió una gran acumulación de Oxígeno rodeando a las semillas.

El lapso en el que la concentración del gas aumentó, no pudo haber favorecido la rápida reacción de los compuestos mencionados, pues hay que recordar que las semillas de *I. purpurea* toman meses para lograr el cambio del estado latente al permeable.

Bajo las consideraciones anteriores, se le podría conceder poca importancia a la influencia de los dos principales factores capaces de interferir con la respuesta de las semillas enterradas, al extraerlas y preparar los lotes. Así, sería posible aceptar que los resultados son el producto del microambiente que imperó durante el almacenamiento en el suelo en las distintas profundidades y que se puso en evidencia por la germinación de las semillas durante la temporada de lluvias.

Los resultados globales de las semillas enterradas a 4 profundidades, revelaron que en mayo, cuando se estaba iniciando la temporada de lluvias, comenzó a darse la respuesta de germinación. Esta se iba presentando desde los estratos más superficiales a los más profundos, a medida que se iban alcanzando los niveles de humedad propicios para desencadenar el proceso: 36.8% a 5 cm, 33.5% a 10 cm, 27% a 20 cm y 23.4% a 30 cm.

Con el transcurso del tiempo, se fueron perdiendo las diferencias de porcentajes de germinación entre profundidades y ya desde junio éstas dejaron de ser significativas, variando en un rango de 46.2% a 53.8%, que disminuyó a un rango de 52.4% a 54.5% en agosto y septiembre.

La germinación fue la principal causa del decremento en las poblaciones de semillas enterradas y por lo tanto, las semillas no-germinadas que permanecieron en el suelo a las diferentes profundidades fueron latentes, al determinar en ellas altos porcentajes de viabilidad. Así, en mayo se presentó un menor decremento, con la persistencia de un 53% de semillas no-germinadas, el cual fue diferente a lo obtenido en los meses siguientes, donde permaneció un menor porcentaje de semillas no-germinadas, de 43.63% en junio a 42.73 en septiembre.

Los resultados globales coinciden con los obtenidos en los lotes con un tamaño de muestra fijo (25 unidades), ya que en junio (cuando el suelo había alcanzado el nivel de humedad a capacidad de carga) se presentó germinación en porcentajes ligeramente superiores al 40%, que no mostraron

diferencias significativas entre profundidades. Y en los 3 meses siguientes (julio, agosto y septiembre) ya no hubo cambio en las semillas que permanecieron sin germinar, las cuales presentaban latencia tegumentaria.

Así, se comprueba que sólo hubo un flujo de germinación durante el establecimiento de la temporada de lluvias, lo que provocó el correspondiente decremento de los bancos presentes en las distintas profundidades, donde persistieron únicamente aquellas semillas con cubiertas impermeables.

La población de semillas de *I. purpurea* se puede considerar como heteroblástica (Gutterman (1980/81), dado que sólo germinó un porcentaje entre el 40% y 50% y el resto estuvo constituido por semillas latentes (de acuerdo a las pruebas de viabilidad en el laboratorio). Ello significa que hay una distribución de la respuesta de germinación en sentido temporal, que favorece la supervivencia de esta especie anual.

Los resultados demuestran que una porción de la población de semillas provenientes de la última cosecha (entre el 40% y 50%), quedó comprometida en el proceso de regeneración de la especie, con la formación de individuos que en etapa reproductiva darán origen a nuevas semillas. En tanto que alrededor del 60% o 50%, se mantuvo en el suelo formando un reservorio de semillas con cubierta impermeable, que en etapas posteriores romperán su latencia tegumentaria y serán susceptibles de responder en condiciones favorables para la germinación.

Los elementos para sustentar tales afirmaciones, se obtendrán con los resultados del siguiente experimento.

#### 5.4. EXPERIMENTO 4. DISMINUCION DEL BANCO DE SEMILLAS, GERMINACION Y PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES A 2 PROFUNDIDADES Y EN 4 EPOCAS DEL AÑO

##### 5.4.1. INTRODUCCION.

La disminución de la población de semillas del suelo por el proceso de germinación, implicaba un cambio del estado latente a la condición de semillas quiescentes, las cuales podían germinar en un medio propicio de humedad, oxigenación, temperatura, etc.

En terreno de temporal se logra obtener este ambiente en la estación de lluvias, que es la etapa normal de surgimiento de la especie, lo cual ocurre después de un lapso aproximado de 6 meses desde su dispersión.

En cambio, en terreno de riego las condiciones de humedad se pueden alcanzar en cualquier periodo previo a la temporada de lluvias.

Con los datos obtenidos en el experimento 3, no se sabía cuándo había ocurrido la pérdida de la latencia de una parte de la población, ni tampoco si el resto de las semillas que no germinaban, iba a sufrir algún cambio hasta el final de su ciclo anual, como la pérdida de la latencia o la muerte por deterioro.

Bajo tal perspectiva, se planteó mantener semillas enterradas en bolsas de malla de plástico, a 2 profundidades (10 y 25 cm) y tomar muestras en 4 épocas del año correspondientes al invierno (febrero), primavera (mayo), verano (agosto) y otoño (noviembre).

En cada ocasión y de cada terreno, se establecía la cantidad de: a) semillas que en ese momento estaban germinadas, b) semillas desaparecidas y c) semillas que permanecían en el suelo sin germinar.

Estas últimas se colocaban en condiciones de germinación en el laboratorio, para estimar si a pesar de encontrarse en un ambiente favorable permanecían sin mostrar respuesta (= semillas no-germinadas) o si eran capaces de germinar (= semillas quiescentes, que junto con las germinadas en campo habían perdido su latencia tegumentaria). Para verificar si las semillas no-germinadas eran latentes o estaban muertas, se escarificaban y nuevamente se colocaban en condiciones de germinación: toda semilla germinada se consideraba viable y por lo tanto correspondía a una semilla latente recogida del campo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

#### 5.4.2. METODO

##### FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES

Para el objetivo 8 (efecto de la temporada del año sobre el porcentaje de semillas no-germinadas y latentes que persisten en el suelo a diferentes profundidades), se tomó una muestra de 3200 semillas no-escarificadas de la población inicial colectada en 1987, contando una por una las semillas hasta completar la cantidad requerida. La muestra se dividió en 2 conjuntos de 1600 semillas, separando una a una las semillas y de manera intercalada.

El propósito de tener 2 grupos de 1600 semillas, fué probar la respuesta de las mismas en 2 tipos de terreno: terreno de temporal y terreno de riego (Figura 4).

Para cada terreno, el conjunto de 1600 semillas se separó en 32 bolsas de malla de plástico numeradas, depositándolas una a una de manera secuencial: la 1° semilla en la bolsa número 1, la 2° semilla en la bolsa número 2 y así sucesivamente hasta la 32° semilla en la bolsa número 32. El procedimiento se repitió hasta contar con 50 semillas por bolsa.

En enero de 1988, los terrenos de temporal y de riego se dividieron en 8 secciones y se hizo la asignación de los lugares, a las bolsas que se iban a enterrar, tomando una tarjeta de cada uno de los siguientes grupos: a) Grupo de 32 tarjetas numeradas del 1 al 16, correspondientes a las 32 bolsas con 50 semillas por terreno; b) Grupo de 32 tarjetas numeradas, repitiendo 4 veces los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, para depositar 4 bolsas en cada uno de los 8 pozos.

El siguiente paso fué asignarles a los conjuntos de 4 bolsas (que ya contaban con un lugar en el terreno), una de las 2 profundidades a las que se iban a enterrar: 10 cm y 25 cm, tomando una tarjeta de cada uno de los siguientes grupos: a) Grupo de 8 tarjetas numeradas del 1 al 8, correspondientes a las bolsas de los 8 lugares de cada terreno; b) grupo de 8 tarjetas numeradas, repitiendo 4 veces los números 10 y 25, correspondientes a las 2 profundidades elegidas para este experimento.

De esta manera, en cada terreno se tuvieron 4 pozos por profundidad (= total de 8 pozos), cada uno con 4 bolsas de malla conteniendo 50 semillas cada una (unidad última de muestreo = 1 bolsa con 50 semillas). Las bolsas se mantuvieron sujetas a estacas de referencia.

Se eligieron 4 temporadas del año correspondientes a las 4 estaciones: invierno (muestreo de febrero), primavera (muestreo de mayo), verano (muestreo de agosto) y otoño (muestreo de noviembre), para desenterrar 4 bolsas de cada profundidad.

Para seleccionar el grupo de 4 bolsas que se iba a desenterrar de cada profundidad y en cada temporada, se hizo un sorteo de los mismos usando tarjetas: a) un grupo de 4 tarjetas numeradas con los sitios de las bolsas enterradas a 10 cm; b) Un grupo de 4 tarjetas numeradas, con los sitios de las bolsas enterradas a 25 cm; c) Un grupo de 4 tarjetas marcadas con las letras Fb, My, Ag y Nv, para las temporadas del año. Se combinaron las tarjetas de cada uno de los grupos enterrados en cada profundidad (primero el grupo a) y después el grupo b)), con las tarjetas correspondientes al mes de muestreo.

En las 4 temporadas del año se desenterraron entonces, grupos de 4 bolsas por cada profundidad y por terreno; en ellos se contaron las semillas germinadas y no-germinadas de cada bolsa.

Las semillas no-germinadas tenían la opción de ser:

- i) quiescentes (semillas capaces de germinar, pero que no lo hacen por algun estímulo externo desfavorable, como carencia de humedad suficiente);
- ii) latentes (semillas incapaces de germinar cuando se les coloca en condiciones propicias); o
- iii) no-viables (semillas muertas).

Las semillas no-germinadas se llevaron al laboratorio y se colocaron en condiciones de germinación, para conocer en su caso, el porcentaje de semillas no-germinadas (= posibles latentes) y el de semillas germinadas (= semillas quiescentes). A las semillas no-germinadas se les escarificó y se colocaron en condiciones de germinación, para confirmar si eran latentes o no-viables.



## PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS

Se propuso el empleo de un modelo de análisis de varianza factorial 2 x 2 x 4, con 3 criterios de clasificación con interacciones. Los factores son:

- Terreno con 2 niveles: de temporal y de riego
- Profundidad de enterramiento con 2 niveles: 10 y 25 cm
- Temporada del año con 4 niveles: invierno (febrero), primavera (mayo), verano (agosto) y otoño (noviembre).

Para reconocer en el análisis la carencia en la aleatorización de las bolsas en distintos pozos, fue necesario agregar 2 términos de error de restricción:

- Uno correspondiente a los factores aleatorios en que difieren el terreno 1 y el terreno 2 :  $d_{1(1)}$ .
- Otro relacionado con los factores aleatorios comunes a las 4 bolsas en el terreno i, la profundidad j, la época w y el error de restricción i relativo al terreno :  $N_{n(ijw)}$ .

El modelo final es:

$$Y_{ijkwn} = \mu + T_i + d_{1(1)} + E_w + P_j + (PE)_{jw} + (TP)_{ij} + (TE)_{iw} + (TPE)_{ijw} + N_{n(ijw)} + B_{k(ijwn)}$$

i = 1, 2	Tipo de terreno (riego y temporal)
j = 1, 2	Profundidad (10 y 25 cm)
k = 1, 2, 3, 4	Repetición
i = 1	Factores aleatorios en que difieren los terrenos
n = 1	Factores aleatorios en que difieren las 4 bolsas
w = 1, 2, 3, 4	Epoca del año en que se hicieron los muestreos

\* Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice D.

- Variable dependiente: % de semillas germinadas, % de semillas no-germinadas y % de semillas latentes.
- Variable independiente: profundidad de enterramiento en 4 temporadas del año.
- Intervalos de tiempo entre un conteo y otro: cada 4 meses durante 1 año.
- Número de conteos realizados: 32 conteos totales por tipo de terreno (4 conteos sobre 50 semillas, por profundidad: 10 y 25 cm, cada 4 meses durante un año, en terreno de temporal y en terreno de riego).
- Efecto: germinación de las semillas, persistencia como semilla no-germinada y persistencia como semilla latente.
- Causa: Profundidad de enterramiento en 4 temporadas del año.

### 5.4.3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### RESULTADOS

##### PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS

Por medio de la prueba de contrastes, se logró demostrar una influencia lineal en Terreno de Temporal, es decir, a través del tiempo hubo un decremento en los valores registrados en las 4 épocas muestreadas, el cual estuvo dado por la persistencia de un mayor porcentaje de semillas no-germinadas en invierno: 100% (= 90 V Trf), que fue disminuyendo en los tres muestreos siguientes, a 76.25% (= 61.91 V Trf) en primavera, 64.5% (= 53.51 V Trf) en verano y 66.5% (=54.64 V Trf) en otoño (Figura 18).

En cambio para el Terreno de Riego, los contrastes pusieron en evidencia que no hubo una influencia lineal, lo que refleja valores semejantes de semillas no-germinadas en las distintas épocas estudiadas (alrededor de 66% = 54 V Trf) (Figura 18).

Al desglosar la persistencia de semillas no-germinadas a 10 cm y 25 cm de profundidad, en 4 épocas del año y en cada uno de los terrenos, se logró detectar que en la mayoría de los casos no existen diferencias marcadas entre los resultados obtenidos en ambas profundidades para los 2 terrenos, por lo cual el A. de V. indicaba que no había suficiente evidencia de la influencia del factor parcial profundidad (F: 1.11) o de sus interacciones: Profundidad \* Epoca (F: 1.98) y Terreno \* Profundidad \* Epoca (F: 1.39) (Cuadro D.2 del Apéndice D).

Sin embargo, en terreno de temporal, en la época de primavera, hubo menores porcentajes de persistencia de semillas no-germinadas a 10 cm, con 63.5% (= 52.86 V Trf), respecto a 25 cm con 89% (= 70.95 V Trf) (Figura 19)

### SEMILLAS GERMINADAS

Sólo se presentó germinación en primavera para terreno de temporal y en invierno para terreno de riego.

En terreno de riego, con una alta proporción de humedad en los diferentes estratos del suelo (desde el inicio del experimento), no se encontraron diferencias significativas en la respuesta de germinación obtenida en las profundidades de 10 cm ( 35%) y 25 cm (29.5%) (Fc: 2.71 No Significativa) (Cuadro D.8, Apéndice D).

En cambio, en terreno de temporal sí hubo mayor germinación a 10 cm (36.5%) que a 25 cm (11%), debido a que los estratos profundos iniciaban la captación del agua que provenía de las primeras lluvias de la estación y su nivel de humedad no alcanzaba todavía la saturación de los estratos más superficiales (Figura 20).

### PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES

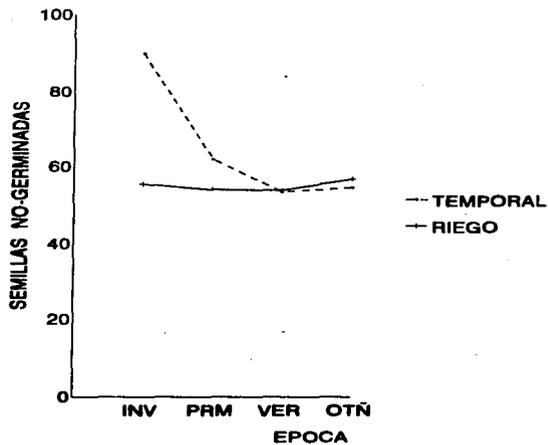
El A. de V. para la persistencia de semillas latentes en ambas profundidades y en 4 épocas del año, mostró un efecto de interacción altamente significativo, de los factores Terreno \* Epoca (Fc: 278.79 Altamente Significativa) (Cuadro D.4, Apéndice D), que a través de la Prueba de Tukey reveló que sólo hubo diferencias significativas entre épocas, en el terreno de temporal. En cambio, para terreno de riego no hubo efecto de época (Figura 21).

Para terreno de temporal, las diferencias se presentaron en las 4 épocas, con un porcentaje de semillas latentes elevado en invierno con 100% = 90 V Trf, que sufrió un fuerte decremento en primavera, hasta un 52.25% = 46.28 V Trf, el cual fue menor al registrado en verano, con 63.75% = 53.07 V Trf y finalmente un segundo decremento importante en otoño, hasta 27.25% = 31.35 V Trf, de semillas latentes.

Estadísticamente se consideró que no existían diferencias significativas entre los valores de semillas latentes de las 4 épocas en terreno de riego, lo cual se puede observar desde el primer registro en invierno y hasta el verano, con valores alrededor del 64% (= 53 V Trf). Sin embargo, en otoño sí se presentó una tendencia a disminuir hasta 41.25% = 39.89 V Trf.

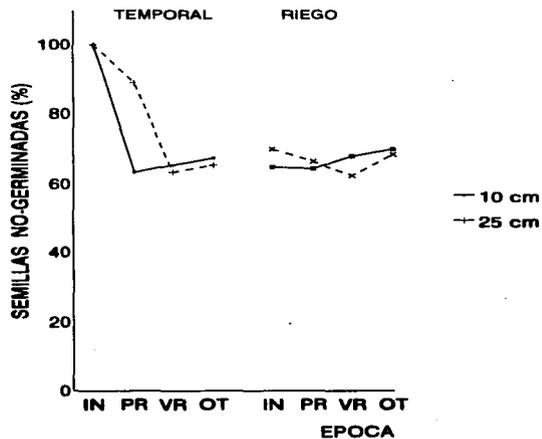
El análisis también señala que no hubo influencia de profundidad, ni como efecto principal (Fc: 2.74), ni en forma conjunta Terreno \* Profundidad (Fc: 7.19) (Cuadro D.4). Ello concuerda con los datos obtenidos en 10 cm y 25 cm en terreno de riego (Figura D.5 = Figura 22). Sin embargo, al enfocar el comportamiento de las semillas en terreno de temporal (Figura D.5 = 20), se observan 2 épocas en las que se registraron menos semillas latentes en 10 cm, que en 25 cm: a) En primavera hubo 47.5% (= 43.55 V Trf) en 10 cm y 57% (= 49.02) en 25 cm y b) En otoño hubo 22.5% (= 28.27 V Trf) en 10 cm y 32% (= 34.43 V Trf) en 25 cm.

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
MUESTREADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO**



**Figura 18. Persistencia de semillas No-germinadas, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego.**

**SEMILLAS NO-GERMINADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS**



**Figura 19. Persistencia de semillas No-germinadas, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego, a 10 y 25 cm de profundidad.**

**SEMILLAS GERMINADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS**

---

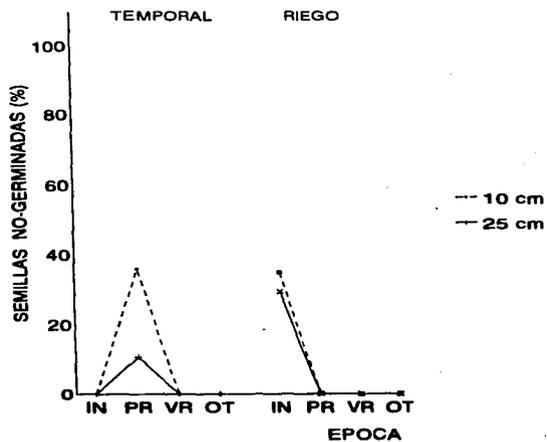
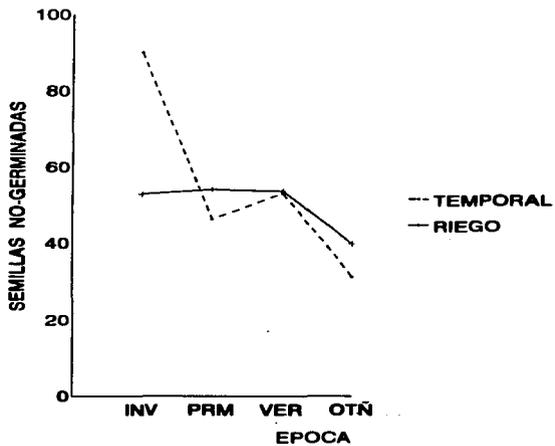


Figura 20. Germinación a 10 y 25 cm de profundidad,  
en terreno de Temporal y de Riego.

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES  
MUESTREADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO**



**Figura 21. Persistencia de semillas Latentes, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego.**

SEMILLAS LATENTES EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS

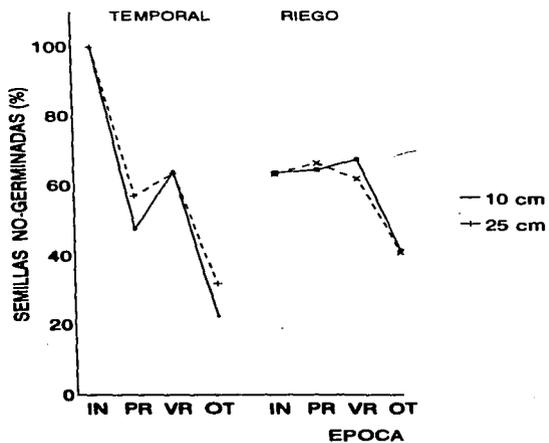


Figura 22. Persistencia de semillas Latentes, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego, a 10 y 25 cm de profundidad.

## DISCUSION

En terreno de temporal, los bancos de semillas colocados a 10 y 25 cm, no sufrieron disminución en el primer muestreo efectuado en invierno, temporada en la que no hay precipitaciones pluviales o éstas llegan a ser esporádicas y por lo tanto la humedad relativa del suelo es baja.

Gracias a las pruebas de germinación en laboratorio de las semillas no-germinadas recuperadas de 10 y 25 cm en campo de terreno de temporal, se pudo reconocer que no hubo disminución de los bancos, porque el 100% (90 V Trf) de cada una de las poblaciones, estaba constituida por semillas latentes.

En el muestreo de primavera que se realizó en el mes de mayo, ya se habían presentado las primeras lluvias de la temporada y se había elevado la humedad relativa del suelo. Así, los estratos superficiales fueron los que obtuvieron más rápidamente un nivel adecuado de humedad, que propició la germinación de un 36.5% de semillas de la población enterrada a 10 cm y con ello la disminución del banco de semillas no-germinadas, a un 63.5%. En cambio, en los estratos más profundos, no se había alcanzado por completo el nivel de humedad requerido, lo cual se reflejó en los bajos porcentajes de germinación (11%) y los altos porcentajes de semillas no-germinadas (89%), registrados en el banco de 25 cm.

Al considerar las semillas germinadas en campo y laboratorio en primavera, se observó que alrededor de un 50% de las poblaciones a 10 y 25 cm, estaba constituido por semillas que tenían la capacidad de germinar (quiescentes), lo cual apoya la idea que la profundidad de 25 cm no presentó más germinación, por falta de la humedad necesaria.

El cambio importante en el ambiente que se presenta de invierno a primavera, se relaciona con la época en que se inicia el suministro de agua por el comienzo e instalación de la temporada de lluvias, en la cual los estratos del suelo limitan la disponibilidad de éste elemento.

Por su parte, en verano cuando la temporada de lluvias ya tiene un cierto tiempo de haberse establecido plenamente, la profundidad ha dejado de ejercer esta influencia, pues se encontró una proporción semejante de semillas no-germinadas a 10 y 25 cm, la cual correspondió con el porcentaje de semillas latentes, detectadas con las pruebas de germinación en laboratorio.

Cabe señalar que los porcentajes de semillas no-germinadas a 10 y 25 cm en verano, no mostraron diferencias a lo encontrado en primavera para la profundidad de 10 cm. Estos resultados permiten plantear que al contar con un abasto suficiente de humedad en el suelo, los bancos de semillas disminuyen alrededor de un 35% de su población, a pesar de contar con un 50% aproximadamente de semillas no-latentes.

En las semillas de las leguminosas *Trifolium tomentosum* y *Medicago rigidula*, que contaban originalmente con valores superiores al 93% de semillas duras (en junio), Russi et al (1992) encontraron que al cabo de 5 meses en condiciones de campo (en octubre), éstas presentaron una pérdida de la latencia que redujo la cantidad de semillas duras a un 72% la primera y a un 70% la segunda. La emergencia de plántulas después del inicio de las lluvias en el mes de noviembre (en Siria) estuvo altamente correlacionada con el número de semillas no-duras o suaves, observadas en octubre.

Un hecho que resalta es el haber encontrado menos semillas latentes en primavera (52.25%) que en verano (63.75%), lo cual podría significar una estrategia de las poblaciones, que exponen una mayor proporción de semillas no-latentes (= quiescentes) en la temporada favorable del inicio y establecimiento de las lluvias. De ellas (47.75% de semillas quiescentes), es posible que alrededor de un 10%, no logre satisfacer sus requerimientos para germinar y permanezca formando parte del banco de semillas no-germinadas; estas semillas podrían mantenerse en éstas condiciones o podrían adquirir una latencia secundaria.

En el muestreo de otoño, se mantuvo la misma proporción de 65% aproximadamente de semillas no-germinadas y como en los casos anteriores, fue el resultado de la germinación que ocurrió en primavera en ambas profundidades. Sin embargo, la germinación en laboratorio reveló una

disminución en el porcentaje de semillas latentes, desde 63.75% en verano, hasta 27.25% en otoño, mostrando que la diferencia entre ambos (36.5 puntos = 57.26%) representa a semillas que tenían la capacidad de germinar (= semillas quiescentes), pero no lo hicieron porque las condiciones ambientales dejaron de ser propicias para la germinación en otoño, cuando las lluvias ya se habían retirado y las temperaturas mínimas empiezan a descender a niveles más bajos.

Así, las poblaciones de semillas provenientes de la última cosecha, presentaron 2 reducciones considerables en el porcentaje de semillas latentes: una en primavera (desde 100% hasta 52.23% = 47.33% de decremento) y la otra en otoño (desde 63.89% hasta 27.06% = 57.65% de decremento). Ello significa que aproximadamente un 50% de la población de semillas que eran latentes, adquieren la capacidad para llevar a cabo la germinación, es decir se convierten en semillas quiescentes.

*I. purpurea* ha invertido energía reproductiva en el reemplazo anual del banco, por medio de esta cantidad de semillas quiescentes, de la que surge una alta densidad de individuos con posibilidades de formar nuevas poblaciones de semillas. Russi et al (1992) señalan que este tipo de respuesta es característico de la especie *Trifolium stellatum*.

Este fenómeno, es favorable en primavera porque coincide con el comienzo e instalación de la temporada de lluvias, que es la época propicia para la regeneración de la especie. En cuanto a la reducción en otoño, también es benéfica para la especie, porque prepara a una parte de la población para el encuentro con nuevas condiciones adecuadas para la germinación en el siguiente ciclo.

El resto de la población formado por semillas impermeables, se mantiene en el suelo como fuente para la regeneración a largo plazo, como sucede en especies de los géneros *Medicago* y *Trifolium* de leguminosas (Russi et al (1992).

El factor Época del año fue limitante en terreno de temporal, porque el ambiente húmedo favorable que promueve la disminución del banco de semillas por germinación, se obtuvo en la época de lluvias.

En cambio en terreno de riego, la temporada del año deja de ser un obstáculo en la obtención de condiciones de humedad propicias para la germinación, ya que el suministro constante de agua, mantiene alta la humedad relativa aún de los estratos más profundos. Así, su influencia como factor que provoca una respuesta diferencial, no fue importante sobre la disminución de los bancos de semillas no-germinadas, sino que al contar con un ambiente húmedo, se llevó a cabo la germinación de alrededor del 35% de las semillas de las poblaciones enterradas tanto a 10 como a 25 cm de profundidad.

Estos resultados fueron equivalentes a los obtenidos en terreno de temporal, cuando se alcanzaron los niveles propicios de humedad a 10 cm en primavera y para ambas profundidades en verano.

Las semillas de *Bromus rigidus*, al igual que en muchas especies del mismo género, exhiben muy poca latencia innata y germinan rápidamente en otoño si existen condiciones favorables. Un experimento con semillas enterradas en un rango de 1 cm a 30 cm, mostró que la principal causa de pérdida de semillas del banco en el suelo, fue la germinación *in situ*, lo cual ocurre rápidamente cuando las condiciones ambientales son propicias y sin diferencias significativas entre las profundidades de 1, 3, 5, 10, 15, 20 y 30 cm (Gleichsner y Appleby 1989).

Es evidente que en ambos tipos de terreno se presentó un solo flujo de germinación de semillas quiescentes, que correspondió al momento en que los bancos enterrados a 10 y 25 cm, entraron en contacto con un ambiente húmedo favorable.

Como consecuencia del proceso de germinación, los bancos de semillas de uno y otro terreno, se vieron reducidos alrededor de un 35% y por lo tanto persistió cerca de un 65% de semillas no-germinadas, que se mantuvo hasta el último registro de otoño.

La disminución en los bancos de semillas no-germinadas en ambos tipos de terreno, se logró gracias a la presencia de una cierta proporción de semillas quiescentes, capaces de efectuar la transformación del estado latente al no-latente, en 2 posibles formas: a) Durante el lapso en que los bancos establecen el primer encuentro con un ambiente húmedo propicio, y b) A través de cambios paulatinos de permeabilidad, que ocurrieron a lo largo del almacenamiento en el suelo después de su dispersión .

En terreno de riego, la primera disminución del porcentaje de semillas latentes (Invierno), fue equivalente a la disminución por germinación que sufrieron los bancos de 10 y 25 cm; en cambio, en terreno de temporal a pesar de que la primera disminución de semillas latentes (primavera) dió como resultado una mayor proporción de semillas quiescentes (47.75%), la reducción lograda por germinación fue de la misma magnitud que la registrada en terreno de riego (alrededor del 35%).

En otoño después de haber transcurrido 10 meses en el suelo, los bancos de semillas de terreno de temporal, sufrieron una nueva disminución en el porcentaje de semillas latentes y por consecuencia contaron con una proporción de semillas capaces de germinar (= quiescentes). Aunque para terreno de riego no se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de semillas latentes, se observó una tendencia a disminuir su proporción en la época de otoño, lo que dá pie a comentar que también en este caso se presenta una cierta proporción de semillas quiescentes listas para germinar cuando las condiciones lo permitan.

En terreno de temporal, la falta de germinación de las semillas quiescentes en otoño, se explica como consecuencia del retiro de las lluvias y el descenso de la temperatura. Por su parte, para terreno de riego aunque se contaba con humedad suficiente, las condiciones ambientales que prevalecieron en esta época no coincidieron con los requerimientos para la germinación de las semillas, que en esta etapa ya cuentan con 1 año de edad. El ambiente externo ejerció un efecto inhibitor de la germinación, imponiendo una latencia forzada en las semillas quiescentes.

Las semillas de *I. purpurea* con 4 mm promedio de largo, carencia de ornamentaciones para su dispersión, enterramiento a través de las grietas o por medio de las prácticas culturales y el mantenimiento de una alta proporción de semillas viables por más de un año en el suelo (65%), coinciden con el patrón de características que Thompson (1987) y Thompson y Grime (1979) señalan como seleccionadas evolutivamente en aquellas unidades que forman un banco de semillas persistente tipo IV: consiste de una proporción considerable de semillas que no germinan en el período inmediato a la dispersión y se mantienen viables por lo menos 1 año, formando un conjunto grande, en comparación a la producción anual de semillas (Karssen 1982, en Khan 1982).

La estrategia de regeneración de *I. purpurea*, se basa en los mecanismos de control de la latencia por cubierta seminal impermeable, la cual no es una condición absoluta, sino que se puede revertir, como se ha demostrado en varias especies de leguminosas de los géneros *Trifolium*, *Lupinus*, *Medicago*, *Astragalus*, *Lotus* y *Melilotus* (Rolston 1978)

El fenómeno de la latencia por cubierta impermeable, es una característica que se ha atribuido tanto a factores genéticos como ambientales.

La evidencia de un componente genético se ha establecido para varias especies, por ejemplo, Donnelly (1971) obtiene un incremento del 70% al 100% en la frecuencia de plantas que producen semillas duras, en generaciones sucesivas de híbridos interespecíficos de *Vicia*, con líneas genéticamente estables.

Sin embargo, aunque la condición de semillas duras cuenta con una base genética, recibe una fuerte influencia de los factores ambientales presentes durante la formación de la semilla.

Lee (1975) determina que hay 2 genes involucrados en el desarrollo de semillas duras en algodón, pero que las condiciones secas prevaletentes en la maduración de las semillas, aumentan la expresión de estos genes.

Evenari et al (1966) encontraron que la exposición de la planta madre a días largos durante los últimos 8 días de maduración de las semillas de *Ononis sicula*, resulta en semillas con cubiertas gruesas, cutícula bien desarrollada y niveles bajos de permeabilidad.

Kowithyakorn y Hill (1982) afirman que el porcentaje de semillas duras presentes en *Medicago sativa*, está condicionado por la edad de las semillas (número de días después de la polinización), por el contenido de humedad de las mismas y las condiciones del medio durante su maduración. Enfatiza que las condiciones ambientales controlan el contenido de humedad de las semillas, lo que repercute en su impermeabilidad.

Por su parte, Li y Hill (1989) sugieren en *Lotus corniculatus*, que la cubierta seminal presenta una estructura incompleta en lotes de semillas inmaduras y es la responsable de los bajos porcentajes de semillas duras; pero a medida que aumenta la madurez, se van alcanzando las características de impermeabilidad. Agregan que el proceso de secado, en condiciones ambientales de laboratorio, influyó en los niveles de semillas duras.

Lo anterior entraña la explicación de que se trata de poblaciones heteroblásticas (Gutterman 1980/81) o con polimorfismo en la germinación (Silvertown 1984), que se caracterizan por presentar semillas con distinta capacidad para germinar, lo cual asegura una dispersión temporal de la germinación. La heteroblasticidad tiene un significado ecológico importante, pues aun bajo condiciones óptimas, sólo una parte de la población de semillas germinará a un cierto tiempo (Gutterman 1980/81).

En los estudios citados, las variaciones en germinación son el resultado de diferencias en la cubierta seminal, cuya dureza recibe la influencia de 2 factores importantes, según Silvertown (1984):

- a) La madurez relativa de las semillas
- b) El nivel de humedad durante su maduración.

Así, dentro de una población de semillas, se pueden encontrar variaciones en la dureza de sus cubiertas, lo que se refleja en la fase de la ruptura de la latencia, a través de una cierta proporción de semillas que es capaz de perder impermeabilidad más rápidamente que el resto.

Quinnlivan (1968a, 1971) propone que tal evento se debe a la humedad relativa que alcanzan las semillas en su proceso de deshidratación, ya que éste es un factor crítico para desarrollar impermeabilidad. Con base en experimentos de germinación de semillas de leguminosas, a las que les determina su contenido de humedad, logra detectar 2 tipos de latencia por cubierta impermeable:

- a) Las semillas duras y se vuelven permeables superior al 10%. son condicionalmente duras y se vuelven permeables lentamente cuando se colocan en un ambiente húmedo; la tasa de pérdida de impermeabilidad, varía directamente con el contenido de humedad y la penetración del agua ocurre a través de distintos sitios de la testa.

- b) En cambio, las semillas duras con un contenido de humedad inferior al 8.5%, son absolutamente duras y no se vuelven permeables cuando se someten a condiciones de humedad; sin embargo, la exposición a fluctuaciones de temperatura, produce fracturas de la cubierta a nivel del estrofiolo.

Egley (1979) trabajando con 5 etapas diferentes de desarrollo de las semillas impermeables de *Crotalaria spectabilis* (Leguminosae), encuentra en las semillas maduras de la etapa 5, un 9% de germinación y un 91% de

semillas que no embeben agua; por el contrario, las etapas inmaduras 2, 3 y 4, alcanzan el 100% de germinación. Estos últimos porcentajes se acercan a cero, cuando el contenido de agua interno se reduce hasta el rango de 8% a 10% de humedad relativa, después de un período de almacenaje. Así, muchas de las semillas de la especie logran embeber agua y germinar en ciertas etapas de desarrollo, cuando su contenido de humedad es superior al 10%; pero después de la deshidratación, con una humedad de 10% o inferior a ella, pocas semillas presentan esta respuesta.

De acuerdo a los resultados de *I. purpurea*, con una disminución de la población en una proporción relativamente fija (40% de semillas quiescentes), sería posible que algunas semillas cambiaran del estado duro al permeable, dependiendo del contenido de humedad de las mismas.

Esta diferencia en la cantidad interna de agua de las semillas se puede presentar en la población, debido a que la planta, con su hábito de crecimiento indeterminado y trepador, va formando flores a lo largo de su tallo, de tal forma que en la etapa reproductiva (3 meses: de julio a septiembre) pueden existir simultáneamente, botones florales, flores abiertas y frutos en distintas etapas de formación y deshidratación (Rivera Chávez 1987), que están expuestos a una gradación de ambientes seco-húmedos, dependiendo del nivel sobre la superficie del suelo al que se encuentren y a la posición que guardan sobre la planta.

Aquellas semillas de *I. purpurea* con un mayor grado de deshidratación, serían semillas absolutamente impermeables, que no cambian de estado bajo condiciones de humedad, pero si ante ambientes con temperaturas altas (experimento 2 en cámaras de 25 y 35°C), que podrían provocar fracturas en la región del cojincillo.

Mientras tanto, el resto de la población con un mayor contenido de humedad, correspondería a las semillas semi-duras, que cambiarían al estado permeable no sólo por el efecto de las temperaturas altas, sino también al entrar en contacto con un ambiente húmedo, como el que se presentó en la época de lluvias en el terreno de temporal y desde el inicio del experimento en el terreno de riego, cuando en ambos se registró una pérdida por germinación de las semillas del banco.

## 5.5. EXPERIMENTO 5. EMERGENCIA DE PLANTULAS ENTERRADAS A 4 PROFUNDIDADES Y MUESTREADAS DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS

### 5.5.1. INTRODUCCION.

Una etapa fundamental en el ciclo de vida de las plantas, es lograr el establecimiento de sus plántulas como individuos fotosintéticos, ya que de ello depende su futuro desarrollo.

La respuesta de las semillas de *I. purpurea* en la temporada de lluvias (experimento 3) indicaba la capacidad de estas últimas para germinar desde 5 cm hasta 30 cm de profundidad. Sin embargo, restaba establecer si las plántulas lograrían alcanzar la superficie con base en el crecimiento sustentado por las reservas almacenadas en la semilla y pudiera convertirse entonces en un organismo autótrofo.

Con tal propósito, desde el mes de junio se enterraron semillas de *I. purpurea* a las mismas profundidades de 5, 10, 20 y 30 cm, dentro de cilindros de malla de plástico, abiertos en los extremos. Sobre ellos se realizó un conteo semanal durante 4 meses, del número de plántulas emergidas desde tales niveles.

### 5.5.2. METODO

#### FORMACION DE LOTES EXPERIMENTALES

Para el objetivo 6 (efecto de la profundidad de enterramiento de semillas no-escarificadas, sobre la emergencia de plántulas) se utilizó una muestra de 400 semillas de la población inicial, almacenadas en laboratorio, de noviembre de 1987 a julio de 1988. La muestra se separó contando una por una las semillas sin ningún criterio específico, hasta completar la cantidad requerida (Figura 5).

Las semillas, se separaron en 40 recipientes, depositándolas una a una de manera secuencial: la 1ª semilla en el recipiente número 1, la 2ª semilla en el recipiente número 2 y así sucesivamente hasta la 40ª semilla en el recipiente número 40. El procedimiento se repitió hasta contar con 10 semillas por recipiente.

En julio de 1988, se hicieron en el terreno 4 surcos a diferentes profundidades: 5 cm, 10 cm, 20 cm y 30 cm, donde se distribuyeron 10 cilindros abiertos de malla de plástico, numerados del 1 al 40. Para asignar a los cilindros el conjunto de semillas no-escarificadas que se encontraban en los recipientes, se procedió a sortearlos tomando una tarjeta de cada uno de los siguientes grupos: a) Grupo de 40 tarjetas numeradas del 1 al 40, correspondiente a los recipientes con 10 semillas no-escarificadas; b) Grupo de 40 tarjetas numeradas del 1 al 40, correspondientes a los cilindros distribuidos en los 4 surcos de diferente profundidad.

De esta forma, se tuvieron en el terreno 10 cilindros con 10 semillas no-escarificadas, por 4 profundidades: 5, 10, 20 y 30 cm.

Las semillas se colocaron en el fondo de los cilindros a la profundidad establecida y se cubrieron con suelo hasta el nivel superficial. Se hicieron revisiones semanales durante 4 meses, eliminando en cada ocasión las plántulas emergidas.

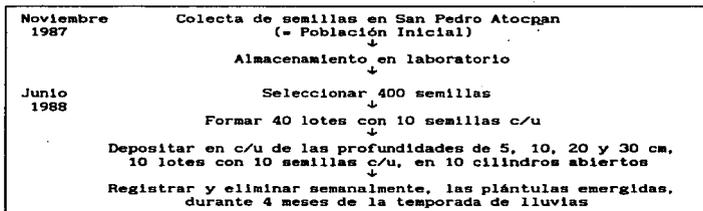


Figura 5. Diagrama de flujo del método del experimento 5, sobre emergencia de plántulas de semillas enterradas a 4 profundidades y muestreadas durante la temporada de lluvias.

## PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS

De acuerdo al planteamiento original que consideraba a las 4 profundidades de: 5, 10, 20 y 40 cm y a los 4 meses de la temporada de lluvias, se hizo una modificación al modelo debido a la ausencia de respuesta en 20 y 30 cm, así como también a partir de las semanas 3 y 4.

Por ello, se propuso el empleo de un modelo de análisis de varianza con dos criterio de clasificación, con interacción:

- Profundidad de enterramiento, con 2 niveles: 5 y 10 cm.
- Tiempo de enterramiento en semanas despues de siebra, con 2 niveles: semana 1 y semana 2

Cabe mencionar que de acuerdo a Méndez (1993), en este experimento las muestras de unidades dentro de cada uno de los tratamientos, no fueron independientes, por no haber asignado al azar las 40 unidades (cilindros) a los 4 tratamientos de profundidad; es decir, se debieron sortear los sitios en el terreno experimental para asignar el tratamiento de profundidad y no mantener juntas las 10 unidades pequeñas (10 cilindros con semillas) dentro de una unidad grande que recibe el tratamiento (surco con una cierta profundidad).

Para incluir en el análisis estadístico la falta de asignación al azar de los cilindros a cada tratamiento (profundidad), se introduce en el modelo un término de restricción, correspondiente a los factores aleatorios que inciden en conjunto sobre los 10 cilindros o repeticiones, de cada profundidad  $i$ , causando que no sean válidas estrictamente las comparaciones entre profundidades:

$$d_{1(i)}$$

Así, el modelo que se propone es el siguiente:

$$Y_{1jlm} = \mu + a_i + d_{1(i)} + N_{m(11)} + b_j + (Nb)_{mj(11)} \\ + (ab)_{ij} + E_{n(1jlm)}$$

i = 1, 2, Profundidad  
 j = 1, 2, Semana de enterramiento  
 k = 1 Factores aleatorios comunes al conjunto de cilindros en cada profundidad  
 m = 1, 2, ...., 10 Cilindro m en cada profundidad  
 n = 1, 2, ...., 10 Repetición

■ Nota: Para mayores detalles sobre el diseño estadístico, consultar el Apéndice E.

- Variable dependiente: % de emergencia de plántulas.
- Variable independiente: profundidad de enterramiento en 4 meses de la temporada de lluvias.
- Intervalos de tiempo entre un muestreo y otro: semanalmente durante 4 meses.
- Número de conteos realizados: 640 conteos totales (10 conteos sobre 10 cilindros con semillas no-escarificadas por 4 profundidades, por semana, durante 4 meses de la temporada de lluvias.
- Efecto: emergencia de plántulas.
- Causa: Profundidad de enterramiento durante la temporada de lluvias.

### 5.5.3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### RESULTADOS

Debido a que sólo se presentó emergencia de plántulas en los 2 estratos más superficiales: 5 cm y 10 cm, y que este evento ocurrió únicamente en las 2 primeras semanas del primer mes muestreado (junio), el análisis estadístico se enfocó a estos niveles de los factores Profundidad y tiempo en Semanas.

De acuerdo al análisis estadístico, hay un efecto altamente significativo del factor semana (Fc: 31.44, P: 0.0001) (Cuadro E.1, Apéndice E) y se establece claramente que en la Semana 1, el promedio de plántulas registradas en las dos profundidades, de 64% = (53.7 V Trf) , fue significativamente menor que el de la Semana 2, con 54.5% = (48.65 V Trf).

Se observó que el promedio de los valores de emergencia de las dos semanas fue mayor en 5 cm de profundidad, con 62.21 V Trf= 75%, respecto al promedio obtenido a 10 cm, que fue de 35.2 V Trf= 34% (Figuras 23 y E.1 del Apéndice E).

El conjunto de los datos por profundidad y por semana, fueron los siguientes: en 5 cm de profundidad hubo 53.7 V Trf= 64% en la semana 1 y 62.1 V Trf= 75% en la semana 2; en 10 cm de profundidad, hubo 19.7 V Trf= 15% en la semana 1 y 35.2 V Trf= 34% en la semana 2 (Figura E.1, Apéndice E).

En concreto, se presentó emergencia desde 5 y 10 cm de profundidad, con un mayor promedio de plántulas en 5 cm (75% = 62.1 V Trf) que en 10 cm (34% = 35.2 V Trf) (Figura 23).

Las plántulas de semillas enterradas a 20 y 30 cm de profundidad, no lograron emerger.

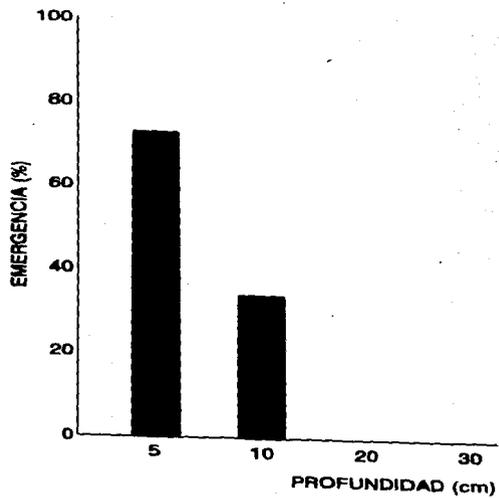


Figura 23. Emergencia de plántulas desde 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad.

## DISCUSION

La germinación de las semillas da como resultado el crecimiento de la plántula, a partir de la cual se llevará a cabo el desarrollo de un nuevo individuo vegetal que podrá prosperar, siempre y cuando logre llegar a la superficie y se convierta en un organismo fotosintético.

Una vez que se ha efectuado la germinación, el embrión utiliza las reservas almacenadas en la semilla para impulsar su crecimiento a través de la capa de suelo que la cubre.

Esta afirmación entraña la idea de que el éxito en la emergencia, depende de la cantidad de nutrientes almacenados por la semilla y de la profundidad a la que se encuentre; si esta cantidad es suficiente para soportar el desarrollo de la plántula hasta que llegue a la superficie, entonces se logrará el establecimiento de la misma; pero si la plántula agota sus nutrientes y no logra emerger, sufre degeneración celular y el ataque de microorganismos.

Una observación generalizada es que la emergencia de las plántulas es mayor desde los niveles más superficiales del suelo y decrece regularmente al aumentar la profundidad de siembra (Roberts y Feast 1972, Mann et al 1981, Iji 1993, Mekki y Leroux 1991, Shaw et al 1991, Horak y Wax 1991).

La respuesta se ha relacionado con el peso de las semillas (Dawson y Bruns 1962) y con el tamaño de las mismas (Stoller y Wax 1973), detectando que el número de plántulas emergidas decrece a medida que el peso y tamaño de las semillas disminuye.

El peso promedio de las semillas dentro de las especies, es uno de los componentes menos plásticos de la estructura vegetal (Harper et al 1970, en Silvertown 1981).

En particular, las plantas anuales se caracterizan por tener semillas significativamente más ligeras que las de las plantas herbáceas de larga vida. El peso bajo de las semillas de anuales, aunado a su gran esfuerzo reproductivo, favorece un número grande de semillas, mayores oportunidades de colonizar claros de vegetación (Silvertown 1981), así como su incorporación al banco de semillas enterradas (Grime 1982). Sin embargo, en

este tipo de semillas, el tamaño pequeño también implica que se cuenta con una cantidad pequeña de reservas de nutrientes almacenados, por lo cual están limitadas a condiciones de baja interferencia (Silvertown 1981).

Así, para las semillas grandes de *Xanthium pensilvanicum* con 130.4 mg. de peso, se registra emergencia desde 10.2 cm; en cambio las plántulas de la semilla pequeña de *Abutilon theophrasti*, con 7.18 mg de peso, no emergen desde profundidades mayores a 2.5 cm (Stoller y Wax 1973).

Aunado al peso y tamaño de las semillas, también se ha encontrado una relación entre el tamaño y vigor de las plántulas, con la profundidad de enterramiento (Penadasa y Lovell 1975): las plántulas más grandes y vigorosas de *Aira caryophyllae* y *Vulpia membranaceae*, mostraron mayores porcentajes de emergencia que las plántulas más pequeñas y débiles de *Cerastium atrovirens*, *Erophila verna* y *Mivora minima*.

En semillas de Convolvulaceas, *Jacquemontia tamnifolia* con un peso de 4.69 mg, presenta emergencia del 85% al 98% desde 0.5 cm a 1.0 cm, con una reducción progresiva en el porcentaje hasta 5% en la profundidad de 4 cm y con un registro de 0% a partir de 6 cm (Estin 1983). Shaw et al (1987) trabajando con la misma especie, encuentra resultados similares, con 82% de emergencia desde 1.5 cm de profundidad; pero a diferencia de Eastin, si detecta emergencia por debajo de 4 cm y registra un 62% desde 5 cm de profundidad y un 49% desde 10 cm, en un intervalo de 14 días.

Estos resultados revelan que semillas de Convolvulaceas con dimensiones semejantes a la de *I. purpurea*, logran emerger en proporciones considerables, cercanas o superiores al 50%, desde profundidades de 5 y 10 cm.

Para *I. purpurea*, Cole (1976) refiere una emergencia del 60% a 5 cm, que utiliza como profundidad máxima de prueba. Sin embargo, Wilson y Cole (1966) encuentran una emergencia superior al 50%, no sólo desde 5 cm, sino también desde 7.5 cm, en suelos de diferente tipo.

Con los resultados del presente estudio, se comprueba que hay una reducción en la emergencia de las plántulas de *I. purpurea*, al aumentar la profundidad de sembrado y que, con los nutrientes almacenados por la semilla, además de obtener valores altos de emergencia del 75% a la profundidad de 5 cm, se logra alcanzar más del 30% de plántulas, desde 10 cm de profundidad.

Este proceso se sucedió en un lapso de 2 semanas y no obstante haber prolongado las observaciones durante 4 meses, no se volvió a registrar emergencia en los lotes experimentales. Ello refleja que la germinación de las semillas quiescentes y el crecimiento de las plántulas de *I. purpurea*, ocurre de manera simultánea y en un solo flujo, en un lapso de 15 días, en cuanto las semillas encuentran condiciones favorables de humedad.

El tipo de respuesta se ha observado también en *Ipomoea hederacea*, donde al flujo de emergencia lo precede una precipitación considerable, que excede la cobertura de 1.5 cm de profundidad (Stoller y Wax 1973).

Los resultados de emergencia, junto con los obtenidos en los experimentos 3 (en la temporada de lluvias) y 4 (en 4 épocas del año), permiten plantear que no hay inducción de latencia forzada en las semillas quiescentes de *I. purpurea* por las profundidades a las que se expusieron, como sucede en *Arabidopsis thaliana* por requerimiento de luz que no se obtiene en semillas enterradas (Baskin y Baskin 1983) o en *Merremia gangetica* por las bajas temperaturas que promueven latencia secundaria (Duvéy y Mail 1972). Así, en *I. purpurea* se presenta germinación aun a los niveles de 20 y 30 cm, pero el crecimiento de las plántulas, soportado por sus reservas, no es suficiente para alcanzar el nivel superficial.

## 6.0. DISCUSION FINAL

Las plantas están restringidas a zonas geográficas y a estaciones particulares de crecimiento, con rangos de condiciones climáticas locales específicas, donde la temperatura juega un papel central en el control del desarrollo de las plantas y las precipitaciones pluviales limitan la extensión de las áreas ocupadas (Porter y Delecolle 1988).

*Ipomoea purpurea* (L.) Roth, ha desarrollado adaptaciones evolutivas que le permiten la supervivencia en hábitats drásticos, en los que sólo cuenta con una temporada anual para su crecimiento vegetativo y reproductivo. Este último culmina con la producción de estructuras de resistencia, como son las semillas, que le permiten evadir factores adversos y prevalecer en el sitio o propagarse a nuevas zonas.

En terrenos agrícolas, donde se presentan perturbaciones severas por la limpieza y preparación del terreno para el cultivo, se tiene como resultado la destrucción de toda la vegetación natural presente en el terreno; ello trae como consecuencia la apertura de nuevos nichos ecológicos locales, susceptibles de ser ocupados por especies con gran plasticidad adaptativa, que volverán a surgir a partir de las semillas enterradas en el suelo.

Así, las nuevas plantas de *I. purpurea* que surgen en terrenos de cultivo, como resultado de un proceso normal de regeneración de vegetación silvestre que conduce al reestablecimiento de las poblaciones, son consideradas por el agricultor como plantas nocivas (National Academy of Sciences 1978), malas hierbas de cultivo o arvenses.

*I. purpurea* es una especie cuya condición de planta anual, con un crecimiento vegetativo rápido y una alta producción de semillas (26,000 semillas por planta, según Crowley y Buchanan 1982) con una plasticidad en su respuesta que las convierte en una población heteroblástica, es propicia para iniciar el proceso de regeneración a partir de las semillas que forman parte del suelo. Esto lo lleva a cabo, en la temporada de lluvias, que es la época en la que las condiciones ambientales, con valores altos de humedad relativa, coinciden con los requerimientos de las semillas para poder germinar y desarrollar nuevas plantas.

Las semillas de *I. purpurea* utilizadas en el presente estudio, completaron su maduración y deshidratación en el lapso de finales de septiembre (cuando estaba concluyendo la temporada de lluvias) hasta las últimas semanas de octubre, en que se llevó a cabo la cosecha del maíz. Esta actividad agrícola, promueve la dispersión de las semillas ya sea hacia el mismo terreno, a través de la apertura de los frutos secos que liberan sus productos, o hacia a otros sitios, por medio de su transporte en las plantas secas que se mantienen enredadas al maíz que se recoge como rastrojo.

El 90% de las semillas recién colectadas de *I. purpurea*, no germinaron al colocarlas en condiciones favorables para el proceso, donde se probaron 3 temperaturas de incubación.

Este hecho significa que las semillas presentan un mecanismo de latencia innata (Schafer y Chilcote 1969), cuyo origen se podía encontrar en el embrión o en la cubierta seminal.

Si el embrión fuera latente, permanecería sin respuesta de germinación ante un ambiente propicio, aunque se eliminara la cubierta seminal. Así, se trataría de una latencia embrionaria (Bewley y Black 1985).

Sin embargo, en las semillas recién cosechadas de *I. purpurea*, la condición latente se manifestó sólo en las semillas intactas (no-escarificadas), ya que el embrión pudo germinar cuando se rompió la cubierta seminal, a través de la escarificación. Por lo anterior, se dice que las semillas presentan latencia impuesta por cubierta (Bewley y Black 1985, Fenner 1992) o latencia tegumentaria.

La cubierta seminal puede influir en la germinación y la latencia, en una variedad de formas:

Los experimentos realizados hasta el momento con *I. purpurea* y las evidencias con que se cuenta, no permiten desechar la opción de la presencia de un inhibidor en el embrión, que salga rápidamente de las semillas escarificadas colocadas en condiciones de germinación.

Sin embargo, de acuerdo a la discusión particular del experimento 1, la mayoría de las evidencias indican que se trata de una latencia por cubierta impermeable o latencia tegumentaria, que es un mecanismo controlado por las características físicas y químicas de la misma, capaz de evitar la toma de agua por el embrión.

La falta de imbibición por parte de las semillas recién colectadas de *I. purpurea*, las incluye dentro del grupo de semillas impermeables o duras, definido por Quinlivan (1971a). Estos estudios que revelan parte de la fisiología de las semillas recién cosechadas, se complementan con los de tipo estructural realizados por Ponce Salazar et al (1990), donde la descripción de los estratos celulares de la testa de *I. purpurea*, corresponde a las características que comparten aquellas semillas impermeables al agua: un esclerénquima en empalizada con línea clara y con depósito en las paredes celulares, de polisacáridos insolubles y taninos; una subepidermis con depósito de lípidos y suberina o cutina; y una cutícula de naturaleza lipídica, que separa a la testa del endospermo.

La ausencia de respuesta germinativa de semillas recién cosechadas, les confiere la ventaja de evitar el riesgo de muerte de los individuos formados, por encontrarse en la época que no es favorable para el proceso (de noviembre a mayo); esto se debe entre otros factores, a la ausencia de un ambiente húmedo continuo, que resulta de la carencia de precipitaciones pluviales o su frecuencia esporádica, y por las temperaturas subóptimas que se presentan en ese período.

Si continuamos en la etapa de recién cosechadas y por algún motivo se revirtiera el estado latente, por ejemplo con escarificación mecánica causada en el terreno de cultivo o por el roce con los instrumentos de trabajo, se podría observar que las semillas tienen la capacidad de desencadenar el proceso tanto en la temperatura de 15°C como en la de 25°C con una respuesta más rápida a 15°C.

Harper (1977) y Pemadasa y Lovell (1975), han señalado una baja capacidad de germinación en semillas de reciente formación, porque las temperaturas que prevalecen en la temporada que sigue a su dispersión, son superiores a las que necesitan las semillas en ese momento.

Sin embargo, los requerimientos térmicos de las semillas escarificadas de *I. purpurea* recién cosechadas, no les impidieron germinar a las temperaturas constantes de 15°C y 25°C en laboratorio, siendo la primera inferior a la temperatura máxima promedio de los meses del período de dispersión (octubre con 20.06°C y noviembre con 20.28°C) y la segunda semejante a la temperatura máxima promedio de los meses del período de germinación (junio con 24.2°C y julio con 22.83) (Registros Meteorológicos 1987).

Lo anterior significa que, si las semillas de *I. purpurea* están escarificadas y por lo tanto, son permeables al agua, no hay un efecto inhibitorio de las temperaturas de 15°C y 25°C.

Llama la atención que la germinación de semillas recién cosechadas y escarificadas en este trabajo, haya sido más rápida a la temperatura de 15°C que a la de 25°C, alcanzando en el día 2 un 96% y un 58% de germinación respectivamente, ya que Crowley y Buchanan (1980) trabajando con semillas recolectadas directamente de la planta, encuentran una máxima germinación a 24°C en 24 horas, mientras que la misma la obtienen a 16°C, pero en 48 horas.

No obstante, los resultados del experimento 1 concuerdan con los estudios en especies anuales (Pemadasa y Lovel 1975), donde se compara la fisiología de las semillas de reciente formación, con la de semillas que cuentan con varios meses de edad: en las especies *Erofila verna*, *Mibora minima* y *Saxifraga tridactylites* (anuales de invierno), las tasas de germinación de las semillas recién formadas, o con sólo algunas semanas de edad poscosecha, son mayores a temperaturas bajas y presentan un decremento en el porcentaje de germinación, al ir aumentando la temperatura.

Estos resultados revelan que la germinación de las semillas recién formadas, con testa permeable, no se restringe a la temporada de primavera-verano, sino que cuentan con la aptitud para repoblar terrenos en distintas estaciones del año, lo cual las convierte en un problema serio como maleza.

La respuesta de germinación en 35°C fue nula o muy baja, con una persistente proliferación de hongos y en los casos donde se logró el crecimiento de la raíz-hipocótilo, la radícula presentó deformaciones en grosor.

Tales registros tampoco corresponden con los de Cole y Coats (1973) ni con los de Crowley y Buchanan (1980), quienes señalan la germinación de *I. purpurea* escarificada, incluso a 35°C y a 32°C, con porcentajes cercanos al 90% desde el día 1.

Pero la escarificación es sólo uno de los medios por los que la semilla de *J. purpurea* puede perder su latencia impuesta por la cubierta seminal. Otra forma mediante la cual las semillas adquieren paulatinamente la capacidad para germinar, es a través de cambios de permeabilidad de su testa, promovidos por factores ambientales.

Estos pueden actuar en *J. purpurea*, durante el lapso de 6 meses en condiciones secas de campo, que comprende desde su dispersión hasta la época favorable de lluvias. Dada la falta de humedad en esta época, la temperatura se convierte en un factor muy importante por su influencia sobre la ruptura de la latencia e incluso en el deterioro de la semilla.

Roberts (1988) afirma que hay una pérdida continua de la latencia, a una tasa que es dependiente de la temperatura. Además, se acepta de manera general, que al mantener a las semillas en altas temperaturas, se promueven cambios en las cubiertas protectoras que las vuelven permeables al agua y los gases, de tal forma que se lleva a cabo la rehidratación de los tejidos y el desencadenamiento del metabolismo de germinación en el embrión:

- La aplicación artificial de una temperatura de 41°C por 5 días, redujo el número de semillas impermeables de alfalfa, con un incremento considerable de la germinación (Ellis y Palmer 1973, en Rolston 1978)

- En *Crotalaria spectabilis*, con cubierta impermeable al agua, el almacenamiento por 3 meses a 23°C, rompe la latencia de un 24% de las semillas y si éste se prolonga por 1 año, el valor que se alcanza es de 47% (Egley 1979).

La semilla, al igual que el resto de las estructuras de las plantas superiores, carece de un mecanismo homeotérmico en sus células y tejidos que mantenga una temperatura óptima constante, por lo que su metabolismo (aunque sea mínimo) o sus características físicas, sufren una influencia importante por los cambios de temperatura ambiental (Fitter y Hay 1987).

En el experimento 2, donde el almacenamiento por 6 meses en condiciones de temperatura constante controlada, simulaba el ambiente térmico al que pueden estar sujetas las semillas en el lapso de noviembre a mayo, se logró establecer un efecto promotor de la ruptura de la latencia, en aquellas sometidas a 25°C y 35°C, con porcentajes de germinación de 76.25% y 95% respectivamente.

Retomando la idea de que la ruptura de la latencia podría tener su causa en la actividad bioquímica o en procesos de tipo físico, se puede decir que el primer caso es algo difícil de sustentar, ya que en las semillas ortodoxas (Roberts 1973a, En Roberts y Ellis 1982) como *L. purpurea*, con bajos niveles de humedad, hay una disminución considerable de la actividad metabólica, probablemente porque la movilidad intramolecular, necesaria para la función enzimática, se vé limitada por una matriz que no es fluida (Vertucci 1989); es decir, el agua como solvente, no provee un medio fluido por el cual difundan los sustratos a los sitios activos y las enzimas no sufren los cambios conformacionales requeridos para su acción.

Sin embargo, cabe una leve posibilidad de que las temperaturas de 25°C y 35°C, hayan aumentado en cierta medida, la actividad enzimática involucrada en llevar a cabo cambios de permeabilidad de la testa de *L. purpurea*. Un ejemplo de acción, cuando el contenido de humedad de la semilla decrece, se presenta durante las últimas etapas de desecación en *Pisum sativum*: en las vainas que se están deshidratando rápidamente, hay una activación de la enzima preexistente que provoca un aumento en la actividad de la enzima catecol oxidasa, todo esto inducido por la deshidratación repentina que se está efectuando (Marbach y Mayer 1975).

La segunda opción, relacionada con cambios de latencia por procesos físicos, se puede apoyar con la propuesta que hace Egley (1989) respecto a la influencia de temperaturas altas sobre la cubierta de *Sida spinosa*: se promueven contracciones y expansiones de las células en empalizada de la región calazal, que están ligeramente lignificadas y son abundantes en hemicelulosa, las cuales a su vez rompen las porciones de pared delgada de las células subpalizadas adyacentes. Por las paredes celulares rotas, hay separación de una parte de la cubierta, lo que permite el contacto de la humedad con la hemicelulosa higroscópica de las células en empalizada y una expansión celular rápida, que rompe más paredes de la capa subpalizada, haciéndose extensiva.

Por su parte, la temperatura de almacenamiento de 15°C no causó ningún cambio en la impermeabilidad de la testa, sino que se comportó como un ambiente apropiado para la preservación de las semillas en estado latente, con valores de germinación inferiores al 2%.

Bewley y Black (1985) señalan que la vida de las semillas alacénadas se duplica por cada decremento del 1% en el contenido de humedad y por cada decremento de 10°F (5.6°C) en la temperatura de almacenamiento. Para preservar la semilla y por lo tanto, para aumentar su longevidad, se recomienda el almacenamiento en frío, en semillas con un contenido de humedad inferior a 14%.

Las semillas secas contienen gran cantidad de enzimas que son resistentes a la desecación, condición en que la respiración y otros procesos metabólicos son muy lentos, llegando apenas al límite de su detección. Si a esto se añade una temperatura de almacenamiento relativamente baja de 15°C, como se hizo en experimento 2, se crea un ambiente que mantiene las características estructurales y fisiológicas de las semillas, entre las cuales se encuentra la latencia.

La temperatura, además de influir en la pérdida de la latencia, también puede afectar a las semillas en otros 2 procesos fisiológicos separados: el deterioro de las semillas y el proceso de germinación mismo (Roberts 1988).

La promoción de la pérdida de la latencia por las temperaturas de almacenamiento a 25 y 35°C, no se convirtió en un factor substancial para el deterioro de las semillas de *I. purpurea*, al menos en el lapso de 6 meses de exposición, ya que los porcentajes de germinación siempre fueron cercanos o superiores al 80% y las semillas que no germinaron fueron viables.

Así, se pudo determinar que las temperaturas altas de 25 y 35°C a las que quedaron expuestas las semillas por 6 meses, ejercieron un efecto importante sobre la ruptura de la latencia de las semillas duras y este almacenamiento no influyó en la pérdida de viabilidad de las semillas.

El siguiente paso fue analizar la acción de la temperatura en el proceso de germinación de las semillas con 6 meses de almacenamiento, ya que cuando éstas se encuentran hidratadas, los efectos de la temperatura son muy diferentes a los que se presentan en estado seco.

Nuevamente se registraron altos porcentajes de germinación a las temperaturas de 15 y 25°C, pero en este caso la respuesta fue más rápida en aquellas germinadas a 25°C: 80% de germinación en semillas no-escarificadas y del 90% al 100% en semillas escarificadas en el día 2, en contraste al 58% de germinación alcanzado por semillas escarificadas recién cosechadas, en el mismo lapso.

Pemadasa y Lovell (1975) y Caplenor (1967) han reportado que dependiendo de la edad de las semillas, hay una respuesta diferente en la tasa de germinación, ante la influencia de un determinado ambiente térmico. Así, en *Aira caryophyllae* y *Vulpia membranacea* con 4 meses de edad, se alcanza 80% y 100% de germinación en un tiempo más corto a 15°C que a 10°C, a diferencia de semillas de reciente formación, donde los mayores porcentajes (70%) se obtuvieron a 10°C con decremento en la germinación al aumentar la temperatura.

La germinación a 35°C, fue nula o muy baja en los días registrados, con un 3.3% al día 5 en aquellas previamente almacenadas a 15°C.

Cabe resaltar que las semillas escarificadas de *I. purpurea*, no germinaron a 35°C en la etapa de recién cosechadas, ni tampoco después del almacenamiento por 6 meses, debido probablemente a que en tal temperatura se hayan dañado o desnaturalizado las proteínas estructurales o catalíticas, conduciendo a un bloqueo del proceso o a un crecimiento anormal de la plántula.

La temperatura de 35°C fue supraóptima y debido al estado de hidratación de las semillas embebidas, causó un rápido deterioro con pudrición de los tejidos. Una disminución de la germinación a temperaturas altas, también se ha encontrado en *I. hederacea* a 40°C (Gomes et al 1978) o en *J. tannifolia* al rebasar los 35°C (Shaw et al 1987). Fuera de la familia Convolvulaceae, en *Cichorium intybus*, hay una ausencia de germinación a la temperatura alta de 40°C (Pimpini et al 1993) y en *Parthenium argentatum* (Ojeda y Trione 1990); las altas temperaturas del verano evitan la germinación de las semillas y por consiguiente la emergencia de las plántulas, a pesar de que la humedad no fue limitante.

Esta respuesta se podría tomar en cuenta para aplicar métodos de control que elevaran la temperatura por encima de los 35°C y provocaran la pudrición de las semillas embebidas, como por ejemplo al colocar plásticos alrededor de las plantas, sobre los surcos.

Se ha reportado que la etapa de imbibición es la más sensible a las temperaturas altas. Así, la germinación de las semillas de *P. argentatum*, se vio adversamente influenciada por la exposición a 30°C o más, al menos cuando se dejó actuar durante las primeras horas (Ojeda y Trione 1990).

El ambiente controlado de las cámaras de germinación, permitió discernir de manera específica, el efecto que tienen 3 temperaturas constantes sobre la respuesta de germinación de las semillas y en la pérdida de la latencia. Sin embargo, en la Naturaleza hay una continua variación de diversos factores ambientales debida a fluctuaciones estacionales y diarias.

Por lo tanto, era importante conocer cómo se afecta la capacidad para germinar de las semillas, por el conjunto de influencias ambientales a las que quedan expuestas en los meses de sequía y que interactúan con ellas en el campo. Al desprenderse de la planta, caer a la superficie y acumularse en ella con el resto de unidades de dispersión de distintas especies, se está hablando de su incorporación a un banco de semillas viables ya existentes y recientes.

Las semillas de *I. purpurea* no permanecen en la superficie, sino que sufren un enterramiento, debido a que de noviembre a mayo se llevan a cabo las labores agrícolas de preparación de la tierra, como son la rastra, el barbecho y la siembra, provocando un movimiento vertical de todos los componentes del suelo, en un rango aproximado de 30 cm de profundidad. Tal actividad conlleva la distribución al azar de las semillas en los diferentes estratos, las cuales quedan expuestas a los factores ambientales de una manera diferencial o con distinta intensidad.

De esta forma, en el experimento 3 se determinó en los 4 meses de la temporada de lluvias, el efecto natural que causó el almacenamiento en el suelo, sobre la capacidad de germinación de las poblaciones de semillas constituidas experimentalmente, enterradas a 4 diferentes profundidades, con un tamaño de muestra fijo (25 unidades). Además, se contó con la información global del comportamiento de las poblaciones en cada uno de los 4 niveles ensayados, desde mayo hasta septiembre.

Los registros del comportamiento global indicaron que la germinación se empezó a presentar en mayo, desde los niveles más superficiales a los profundos, cuando estaban ocurriendo las primeras lluvias. Pero los máximos porcentajes se alcanzaron en junio, cuando el suelo contaba con humedad suficiente en los distintos estratos (capacidad de campo).

Los resultados a partir de lotes con una cantidad fija de semillas, indicaron también un decremento en las poblaciones de semillas enterradas, debido a la germinación de un poco más del 40%, lo cual se presentó sólo en el primer mes registrado (junio), con suelo a capacidad de campo y sin diferencias significativas entre las 4 profundidades ensayadas (5, 10, 20 y 30 cm). De ello se destacan 3 puntos importantes:

a) Hubo un solo flujo de respuesta, al obtener un ambiente húmedo propicio por el inicio y establecimiento de la temporada de lluvias.

Es un hecho regular entre semillas de algunas especies anuales de maleza, como *Abutilon theophrasti* y *Polygonum pensylvanicum* (Stollier y Wax 1973), que se presente un flujo de germinación con la consecuente emergencia casi sincrónica, después de la precipitación de suficiente lluvia, que permita alcanzar la capacidad de campo de aproximadamente 10 cm de suelo.

b) Las semillas que, habían permanecido almacenadas en el suelo a 4 profundidades, perdieron la latencia en proporciones similares, ya sea a través del tiempo, por la incidencia de temperaturas altas a las que permanecieron expuestas durante los días de ese lapso, o/y estimuladas por el ambiente húmedo que se presentó en la temporada de lluvias.

Russi et al (1992) señalan que en los niveles superficiales del perfil del suelo, hay una mayor amplitud en el rango de variación de las condiciones ambientales, respecto a los niveles profundos, lo cual consideran que puede influir de manera diferencial en la ruptura de la latencia de las semillas. Así, encuentran una pérdida considerable de la dureza en *Trifolium tomentosum*, del 95% al 60%, con semillas que se dejaron en la superficie, a diferencia de aquellas localizadas a 5 y 10 cm, que se mantuvieron como semillas duras; sin embargo, en alguna especies como *Medicago orbicularis* y *Medicago rotata*, la variación dada por la profundidad, no tuvo efecto sobre la latencia de las semillas, que persistieron duras sin importar su ubicación en el suelo.

c) Los porcentajes de germinación sin diferencias significativas entre profundidades, coinciden con las características de las semillas de *I. purpurea*, de ser no-fotoblásticas o indiferentes a la luz.

La manipulación que se hizo para preparar mensualmente las bolsas con semillas no-germinadas que se volvían a enterrar a 5, 10, 20 y 30 cm, planteaba una posible influencia de la luz en los resultados, al incidir por algunos minutos, con una alta proporción de luz Roja (R/RL = 1.19, según Smith 1982) sobre las semillas que se encontraban en oscuridad (el flujo luminoso y la transmitancia de luz Roja se reducen considerablemente al traspasar 10 mm de suelo, según Smith 1982).

Sin embargo, como las semillas son no-fotoblásticas, la luz no interviene en la respuesta de germinación, que fue similar en las 4 profundidades. Este hecho puede tener su origen en la presencia de valores fotoestacionarios altos (relación Pfr/Ptot). Tal circunstancia se puede presentar por la acumulación de fitocromo activo Pfr en las semillas maduras que, antes de completar su desecación, cambian su coloración verde a café, eliminando la acción de la clorofila como filtro que retiene la longitud de onda del Rojo y promoviendo el aumento en Pfr, el cual se puede mantener en esa condición durante meses, con altos valores de Pr.

A pesar de que el experimento de almacenamiento en el laboratorio por 6 meses, en condiciones secas y bajo temperaturas constantes, mostró una pérdida de la latencia tegumentaria en altos porcentajes, los resultados de campo, donde intervienen diversos factores en la respuesta de las semillas, indicaron que sólo una fracción de la población desaparece del banco por germinación. Con ello se asegura una alta densidad y productividad en el año, al invertir energía reproductiva para reemplazar y enriquecer el banco con nuevas semillas.

Pero además, con las semillas duras que quedan en el suelo, la especie asegura la regeneración de la población en años posteriores, si llegara a fallar el establecimiento de las plántulas de las semillas quiescentes.

Baskin y Baskin (1976) afirman que no todas las semillas de la población de *Phacelia purshii* germinan en un año dado, por lo que siempre se pueden encontrar semillas viables no-germinadas, en el suelo.

La permanencia de semillas latentes en el transcurso de la estación de lluvias, permite considerar que las semillas de *I. purpurea* forman un banco persistente (Tompson y Grime 1979), en el que las semillas tendrían la capacidad de mantenerse viables cuando menos un año, gracias a su cubierta seminal impermeable.

Chandler et al (1977), refieren que las especies del género *Ipomoea* se han reconocido por su amplia longevidad y latencia; señalan que Toole y Brown en 1946, obtuvieron 31% de germinación en semillas de *Ipomoea lacunosa*, que se mantuvieron enterradas a 56 cm de profundidad por 39 años. Además, logran establecer que la longevidad en el suelo de *Ipomoea turbinata*, se puede atribuir a su cubierta seminal impermeable.

Para tener una visión global del comportamiento de las semillas durante un año, se procedió a evaluar en 4 épocas, si las semillas sufrían cambios en su latencia, que condujeran a una disminución de los bancos, debida a la pérdida de las semillas por germinación o por el deterioro fisiológico que provoca su muerte.

Kozlowski (1972) señala que las semillas han desarrollado evolutivamente la capacidad de discriminar si el sitio en que se encuentran, tiene el potencial para sostener las necesidades de la planta e incrementar las posibilidades de completar el ciclo de vida con éxito.

Tomando en consideración esta afirmación, se utilizaron 2 tipos de terrenos de cultivo: terreno de temporal y terreno de riego, donde el abastecimiento de agua era diferente y en épocas distintas.

En los terrenos experimentales, las poblaciones depositadas a 10 y 25 cm de profundidad, sufrieron la pérdida de la latencia de sus semillas en una proporción del 40% al 50% en terreno de temporal y del 35% en terreno de riego, cuando los bancos entraron en contacto con un ambiente húmedo favorable.

En terreno de temporal, se pueden tener 2 alternativas conjuntas para explicar la existencia del 40% al 50% de semillas quiescentes en la temporada de lluvias, después de 6 meses de almacenamiento en campo.

Una de ellas es que la población de semillas pudo ir perdiendo su latencia tegumentaria en forma gradual durante su almacenamiento en el suelo, como resultado de la exposición a las temperaturas altas de las horas de luz del día, que promoverían este cambio. Debido a que la incidencia de temperaturas altas no es continua en condiciones naturales (por el ciclo diurno), no se obtuvieron los porcentajes elevados de semillas quiescentes, que se alcanzaron en las condiciones de temperaturas constantes y de sequedad en el laboratorio.

Esta propuesta estaría de acuerdo con el trabajo de Wong (1991) con semillas de *I. purpurea* enterradas en el campo y muestreadas mensualmente, donde se incrementó paulatinamente el porcentaje de semillas quiescentes del 41% al 66%, en aquellas localizadas a 5 cm de profundidad.

Además de la opción anterior, una explicación complementaria sería que algunas semillas hubieran perdido su latencia tegumentaria como respuesta al cambio importante de condiciones ambientales que se presentan en primavera y que se relacionan con el inicio del suministro de agua, por el comienzo de la temporada de lluvias.

Estas semillas que lograron cambiar a un estado quiescente, podrían corresponder a las semillas semi-duras definidas por Quinlivan (1968a y 1971) como aquellas con un mayor contenido de humedad del promedio de la población, que son susceptibles al cambio cuando se sujetan a un ambiente propicio de humedad.

Sin embargo, de las 2 propuestas hechas para terreno de temporal, en el caso del terreno de riego sólo se podría aplicar esta última, relativa al cambio de la latencia tegumentaria, por el encuentro con condiciones favorables de humedad. Esto se debe a que desde el primer muestreo en invierno (febrero), cuando sólo tenían 1 mes de almacenamiento en el suelo, se registró el cambio de permeabilidad de cerca del 40% de la población una vez que las semillas habían quedado sujetas a los altos porcentajes de humedad provistos por la irrigación.

La percepción y la respuesta de las semillas a ciertas variaciones del medio, como por ejemplo la detección del cambio de un ambiente seco a la disponibilidad prolongada de un ambiente húmedo en el suelo, pudo haberse seleccionado durante la evolución como indicador efectivo de la proximidad de condiciones favorables.

A partir de las semillas quiescentes, en ambos tipos de terreno se presentó una sola disminución de las poblaciones de semillas enterradas, de alrededor del 35%, que se debió a una proporción equivalente de semillas germinadas.

Cabe recordar que en terreno de riego, el decremento fue similar desde el primer muestreo, entre las dos profundidades ensayadas (35% en 10 cm y 25 cm).

Aunque en terreno de temporal, en el muestreo de primavera (mayo), la disminución por germinación fue diferente entre las profundidades de 10 cm (35%) y 25 cm (11%) por la falta del nivel de humedad propicio en los estratos más profundos, se puede deducir por los resultados de los muestreos de verano y otoño, así como del experimento en la estación de lluvias, que una vez satisfechos los requerimientos de humedad, la población de semillas logró germinar en un 35%.

Es notorio que el factor época del año, fue limitante en terreno de temporal, porque el ambiente húmedo se obtuvo hasta la temporada de lluvias. En cambio en terreno de riego, este factor dejó de ser un obstáculo en la obtención de buenas condiciones de humedad para la germinación, ya que el abastecimiento constante de agua mantuvo alta la humedad relativa aún de los estratos más profundos.

Las semillas que no germinaron después de la primera disminución de los bancos, permanecieron en esta condición hasta el último registro en otoño (65% de semillas no-germinadas).

Sin embargo, si se detectó cambio en la latencia tegumentaria de una cierta proporción de las semillas no-germinadas (50% en terreno de temporal y 30% en terreno de riego) que podrían germinar bajo condiciones favorables

*I. purpurea* presenta una población heteroblástica de semillas (Gutterman 1980/81), como resultado de diferencias en la impermeabilidad de sus cubiertas seminales, las cuales se basan en la madurez relativa de las semillas y en el nivel de humedad que alcanzan (Silvertown 1984).

*I. purpurea* es susceptible de presentar estas diferencias, debido a que es una enredadera con inflorescencias a lo largo de su tallo trepador, que puede contar simultáneamente con frutos en distintas etapas de formación, maduración y deshidratación (Rivera Chávez 1987), ubicados a diferentes niveles de la superficie del suelo.

Con base en los resultados y de acuerdo a Quinlivan (1968a y 1971) se propone que aquellas semillas de *I. purpurea* que sufrieron una mayor deshidratación, serían absolutamente impermeables e incapaces de cambiar a un estado quiescente frente a un ambiente húmedo propicio (aproximadamente el 60% de la población). Sin embargo, al aumentar la edad de las semillas y dependiendo del ambiente térmico que las rodee, se podrían presentar cambios de su condición impermeable, como se observó en el experimento 2 del presente trabajo, con semillas almacenadas a 25°C y 35°C en laboratorio.

Por su parte, aquellas semillas con un mayor contenido de humedad, serían semillas semi-duras, capaces de perder latencia al encontrarse con condiciones de humedad favorables, como sucedió en el 35% de la población durante el primer mes que se expusieron a las condiciones del suelo de terreno de riego y en algunas de las semillas enterradas por 6 meses en terreno de temporal, al inicio y establecimiento de la temporada de lluvias.

Los resultados revelaron que la especie *I. purpurea* aprovecha estas condiciones de alta humedad continua, a través de la exposición de un cierto porcentaje de la población de semillas (35%), para el surgimiento de una nueva generación. Si se presentara alguna perturbación que acabara con estos individuos, la especie no se extinguiría de ese terreno, ya que permanecería un número suficiente de semillas viables en el suelo (65%).

Dentro de las poblaciones que se mantuvieron sin germinar, en verano no se detectaron cambios en la permeabilidad de las semillas de ambos terrenos, al registrarse como latentes el 65% de semillas no-germinadas.

Sin embargo, durante el cambio de condiciones ambientales en otoño, con un descenso importante en la temperatura, se presentó una nueva proporción de semillas quiescentes, que redujo a la población de semillas latentes en terreno de temporal casi a la mitad (de un 65% a un 27%), y a la de terreno de riego aproximadamente en un tercio (de un 65% a un 40%).

Tal comportamiento del banco de semillas, preparó a la población en dos sentidos: por una parte, le permite enfrentarse a una época futura de condiciones propicias en la que las semillas quiescentes serán susceptibles de activar su metabolismo y repoblar el terreno; y por otra, logra mantener un pequeño reservorio de semillas latentes para eventos posteriores.

Volviendo a la etapa en que las semillas han logrado desencadenar el proceso de germinación, el siguiente reto para las plántulas es emerger del suelo y convertirse en organismos autótrofos.

Este evento se presentó sólo en las 2 semanas iniciales del primer mes muestreado (junio), en los 2 estratos más superficiales, con un 73% de emergencia en los lotes donde las semillas se habían depositado a 5 cm, y un 34% en aquellas colocadas a 10 cm. Las plántulas que provenían de 20 y 30 cm, no lograron llegar a la superficie y sufrieron degradación de sus tejidos.

La reducción substancial en la emergencia de plántulas al aumentar la profundidad, se ha reportado con frecuencia en diversas especies de la familia Convolvulaceae, como: *Ipomoea hederacea* var. *hederacea*, *Ipomoea lacunosa*, *Ipomoea hederacea* var. *integriscuila* (Gomez et al 1978), *Ipomoea turbinata* (Chandler et al 1977), *Jacquemontia tamnifolia* (Eastin 1983, Shaw et al 1987), *Ipomoea pandurata* (Horak y Wax 1991), así como también en otras especies anuales consideradas como maleza (Roberts y Feast 1972, Mann et al 1981, Mekki y Leroux 1991, Shaw et al 1991).

La explicación al respecto, relaciona el hecho de que a medida que disminuye el peso (Dawson y Bruns 1962) y el tamaño de las semillas (Stoller y Wax 1973), así como el vigor de la plántulas (Pemadasa y Lovell 1975), el número de plántulas emergidas decrece.

En *I. purpurea*, la acumulación de reservas que contienen sus semillas y el vigor de sus plántulas, lograron soportar el crecimiento y la emergencia, únicamente desde las profundidades ensayadas de 5 y 10 cm. Una vez que la plántula alcanza la superficie, inicia el proceso de fotosíntesis, convirtiéndose en un organismo autótrofo.

A partir de estas plántulas se llevará a cabo la repoblación del terreno, con plantas que establecerán una competencia con el cultivo por diversos recursos e impedirán su buen desarrollo al utilizarlo como soporte por su hábito trepador. Si las plantas de *I. purpurea* alcanzan su madurez sexual y logran fructificar, producirán un gran número de semillas que al caer al suelo, completarán o aumentarán el banco de semillas preexistentes.

## 7.0. CONCLUSIONES

Las semillas recién formadas de *Ipomoea purpurea*, presentan una latencia innata debida a cubierta seminal impermeable.

Las temperaturas de 15°C, 25°C y 35°C, no revirtieron el estado de latencia en las semillas recién formadas.

De las 3 temperaturas de incubación ensayadas, la de 15°C fue más favorable que la de 25°C, para la germinación de las semillas recién formadas. En 35°C no hubo germinación.

De las 3 temperaturas de almacenamiento ensayadas, las de 25°C y 35°C tuvieron una fuerte influencia sobre la ruptura de la latencia.

La germinación en 3 temperaturas de las semillas almacenadas por 6 meses, fue más rápida a 25°C que a 15°C donde sufrió un leve retraso. No se presentó germinación a 35°C.

Hubo mayor porcentaje de semillas quiescentes en condiciones controladas de temperatura constante y en sequedad, que en el ambiente natural del suelo donde hay ciclos diurnos alternantes y la interacción con otros factores como la humedad, que mitigan el efecto de la temperatura sobre la ruptura de la latencia tegumentaria.

La germinación de las semillas en el campo, durante las primeras etapas de la temporada de lluvias, fue la causa principal de la reducción del banco en suelo de terreno de cultivo, con una respuesta semejante en las 4 profundidades ensayadas.

La germinación de las semillas en el campo ocurrió cuando éstas entraron en contacto con un ambiente húmedo propicio, que en terreno de temporal correspondió a las primeras etapas de la época de lluvias y en terreno de riego, durante el primer mes de su exposición a ese ambiente. Las semillas que no germinaron en estos lapsos, permanecieron en esa condición hasta el término de su ciclo anual.

La respuesta de disminución de los bancos de semillas no-germinadas, se vió influenciada por la temporada del año y por la profundidad, sólo en terreno de temporal, donde estos factores limitaron la disponibilidad de un ambiente húmedo favorable.

La población de semillas de *I. purpurea* es heteroblástica, con variación en la profundidad de la latencia tegumentaria, provocando que sólo una cierta proporción se convierta en semillas quiescentes.

Las semillas podrían cambiar del estado de latencia tegumentaria al estado quiescente, por un proceso gradual promovido por las temperaturas altas diarias, lo cual sería complementado con la respuesta de algunos elementos de la población, a la señal que le proporciona la entrada en contacto con un ambiente húmedo.

En los terrenos de temporal y de riego se presentó un solo flujo de germinación de aproximadamente un 35%, en los bancos enterrados a 10 cm y 25 cm de profundidad.

*I. purpurea* podría formar un banco de semillas persistentes, ya que alrededor del 65% de las semillas no-germinadas de los bancos enterrados a 10 cm y 25 cm en terreno de temporal y de riego, permaneció sin cambio hasta el último muestreo en otoño.

Se registró una segunda disminución en el porcentaje de semillas latentes en otoño, provocado probablemente por influencia de las temperaturas altas diurnas que se presentan después de la temporada de lluvias y a las cuales respondió una cierta proporción de la población, mientras que el resto se mantenía en estado de latencia tegumentaria. Las semillas quiescentes no germinaron en esta temporada.

De las profundidades ensayadas, las plántulas lograron emerger sólo desde 5 cm y 10 cm, con mayores porcentajes desde 5 cm.

La emergencia de plántulas se presentó únicamente en las 2 semanas iniciales del primer mes muestreado.

## 8.0. EPILOGO

*Iponoea purpurea* (L.) Roth es una planta cuyas adaptaciones evolutivas, le permiten la supervivencia en hábitats alterados, con una temporada al año para su crecimiento vegetativo y reproductivo; este culmina con una alta producción de semillas, en las cuales se sustenta la regeneración de la población para el siguiente ciclo.

Las semillas de *I. purpurea* se han estudiado desde diversos puntos de vista: anatómico y embriológico (Ponce Salazar 1990, Alva et al 1990, Rodríguez Guillén 1990), bioquímico (Dominguez Vergara 1991, Becerril Yepez 1991, Díaz Pontones 1992) y fisiológico (Osuna Fernández 1990, Wong 1991 y Brechú Franco 1991).

El presente estudio aporta nuevos conocimientos sobre la fisiología de las semillas y plántulas de *I. purpurea* en particular y ofrece en lo general una descripción de su comportamiento en el banco de semillas de arvenses.

Sobre las semillas de *I. purpurea* se confirman los siguientes eventos:

- a) Presentan latencia innata por cubierta seminal impermeable.
- b) Su germinación se puede dar a 15°C y 25°C, siendo los 35°C una temperatura no favorable para el proceso.
- c) Hay una reducción en el número de plántulas emergidas a medida que se incrementa la profundidad en que se ubican.

Los aportes de este trabajo para el conocimiento de la especie son:

- a) Las temperaturas de 15, 25 y 35°C, no revirtieron el estado de latencia en semillas recién cosechadas; pero el almacenamiento por 6 meses a 25 y 35°C, sí influyó en la eliminación de la latencia.
- b) Los requerimientos de temperatura para la germinación de las semillas, son distintos en etapa de semillas recién cosechadas, respecto a los de semillas almacenadas durante 6 meses.

c) De la población de semillas adicionadas al banco durante la última temporada, una parte germina ( $\approx$  35%) y la otra permanece latente en el banco.

d) Hay una reducción anual constante del banco de semillas dada principalmente por un solo flujo de germinación ( $\approx$  35%), sin diferencias entre profundidades, ni tampoco entre terreno de temporal y de riego.

e) El tipo de banco de *I. purpurea* es persistente, ya que alrededor del 65% de las semillas no-germinadas, permanecieron en esta condición hasta el último muestreo en otoño.

f) En la temporada de lluvias, con el nivel de humedad propicio y después de haber permanecido 6 meses en el suelo desde su dispersión, el comportamiento del banco mostró una germinación cercana al 40%, sólo al inicio de la misma, no volviéndose a encontrar semillas germinadas en los meses restantes.

g) La emergencia de las plántulas de *I. purpurea*, que es epigea, puede darse desde una profundidad de 10 cm.

h) La población de semillas producidas por las plantas en una temporada, es heterogénea. Al momento de ser cosechadas, todas son latetes; sin embargo, cuando se integran al banco de semillas, una proporción cercana al 65% va a permanecer latente, mientras que alrededor del 35% de las semillas se convierte en quiescente y germina bajo condiciones de humedad.

i) Al término del ciclo anual (noviembre), se mantuvo una población de semillas no-germinadas en una proporción semejante entre terreno de temporal y de riego ( $\approx$  65%). De ellas se determinó que en el mismo periodo, del 30% (terreno de temporal) al 50% (terreno de riego) eran semillas quiescentes y el resto permaneció con latencia tegumentaria.

### 8.1. MODELO DE COMPORTAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE *Ipomoea purpurea*.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se hace la siguiente propuesta, sobre el comportamiento de las semillas de *Ipomoea purpurea* durante un ciclo anual:

La planta de *I. purpurea* es una enredadera anual, principalmente de climas templados, cuya época de floración es en la temporada de lluvias (julio y agosto), con fructificación a finales de la misma (septiembre) y la presencia de semillas maduras y deshidratadas una vez que ésta ha terminado (octubre - noviembre). Su fruto es una cápsula que contiene de 3 a 4 semillas y cada planta llega a producir 26,000 semillas (Crowley y Buchanan 1982), para después desaparecer.

Las semillas maduras y deshidratadas, que poseen latencia por testa dura, se liberan de forma natural por la dehiscencia de los frutos; sin embargo, en la época de cosecha del maíz, las labores agrícolas contribuyen a la dispersión de las semillas, pues al momento de cortar las mazorcas y posteriormente toda la planta de maíz, provocan la abertura de las cápsulas, que son muy frágiles, y la caída de las semillas por gravedad.

En el mes de diciembre se realizan trabajos de labranza para abrir el terreno y exponerlo a las bajas temperaturas de invierno, con lo cual una buena parte de las semillas se entierran.

En febrero y en marzo se vuelve a remover y limpiar el terreno, como preparativo para la siembra. Estos movimientos del suelo distribuyen al banco de semillas en una franja de aproximadamente 30 cm de profundidad y también pueden causar fracturas en la cubierta seminal de algunas unidades; si en ese momento hubiera presencia de agua y una temperatura entre 15°C y 25°C, estas semillas escarificadas podrían germinar.

A fines de abril y principios de mayo, el terreno se prepara para la siembra y se colocan los granos de maíz en los surcos.

Cuando comienza la temporada de lluvias, aproximadamente un 35% de las semillas de *I. purpurea* germina y las plántulas inician su desarrollo a partir de los nutrientes almacenados. Sin embargo, sólo hay emergencia de plántulas provenientes de semillas localizadas en un rango de 10 cm de profundidad; por debajo de éste las plántulas no emergen, debido a que antes de alcanzar la superficie, agotan sus reservas y mueren.

La germinación y emergencia de las plántulas, ocurre en un solo flujo, quedando una población de semillas latentes de alrededor del 60% al 50%, la cual se mantiene durante la temporada de lluvias; sin embargo, al término de ésta (noviembre), cerca del 30% de estas semillas se transforman en quiescentes, que aunque son capaces de germinar, no pueden hacerlo por las condiciones ambientales imperantes.

Lo anterior permite plantear que la especie *Ipomoea purpurea*, forma una población heterogénea de semillas (heteroblástica), dentro de la cual una cierta proporción con latencia por cubierta seminal impermeable (alrededor del 40% al 50%), es susceptible de convertirse en quiescente durante su almacenamiento en el suelo, así como al encontrarse con condiciones de alta humedad continua (que se obtienen en la temporada de lluvias), lo cual deriva en su germinación.

Con esto logra repoblar el terreno y formar una nueva generación. Pero dado el ambiente cambiante en terrenos de cultivo, con el riesgo de que la labranza acabe con las plantas que se han formado, la especie mantiene cerca del 60% al 50% de las semillas sin germinar, a través de la resistencia que le proporciona el estado de latencia tegumentaria como semillas duras.

En el resto de la temporada de lluvias y después de que ésta se ha terminado, el banco de semillas permanece sin cambios cuantitativos; pero al cumplir las semillas cerca de un año en el suelo, en las condiciones ambientales de otoño, hay una reducción del número de semillas latentes, porque una proporción del 30% al 50% se convierte en quiescente.

Por segunda ocasión se expone un cierto número de semillas a un futuro ambiente propicio a finales del invierno, en el que las semillas serían la base para generar una nueva población. También en este caso cabría la posibilidad de que las condiciones del medio fueran adversas y entonces se tendrían las opciones de que las semillas se deterioraran y murieran o que resistieran hasta la temporada de lluvias.

Si la porción de semillas quiescentes se perdiera por alguno de los motivos expuestos, a la especie le queda el recurso de las semillas que hasta noviembre se habían mantenido como latentes, las cuales constituyen un reservorio importante para la sobrevivencia.

### 9.0. LITERATURA CITADA

Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. 1978. Plantas Nocivas y Cómo Combatirlas. Volumen II. Editorial Limusa. México. pp 19-45.

Acosta Nuñez, S. y Agundis Mata, O. 1976. Epoca de emergencia de las principales malas hierbas de la región norte de Tamaulipas. Agricultura Técnica en México. 12: 437-441.

Aguilar, A.S. y Acosta, N.S. 1975. Levantamientos ecológicos para determinar la presencia y dominancia de malezas en maíz, frijol y chile ancho en la Región Calera, Zacatecas. Informe Anual Combate de Malezas (CIANE -INIA - SAG).

Agundis Mata, O. 1984. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el combate de la maleza. S.A.R.H. Publicación especial No. 115. México.

Alva, R. Márquez Guzmán, J., Martínez Mena, A. y Engleman, E.M. 1990. Laticifers in the embryo of *Iposmosa purpurea* (Convolvulaceae). Phytomorphology 40 (1 y 2): 125 - 129.

Barralis, G., Chadoeuf, R. y Lonchamp, J.P. 1988. Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. Weed Res. 28: 407-418.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1973. Studies on the ecological life cycle of *Holosteum umbellatum*. Bull. Torrey Bot. Club 100 (2): 110 - 116.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1974. Some eco-physiological aspects of seed dormancy in *Geranium carolinianum* L. from Central Tennessee. Oecologia (Berl.) 16: 209-219.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1975. Ecophysiology of seed dormancy and germination in *Torilis japonica* in relation to its life cycle strategy. Bull. Torrey Bot. Club 102: 67 - 72.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1976. Some aspects of the autoecology and population biology of *Phacelia purshii*. The American Midland Naturalist 92 (2): 431 - 442.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1982. Comparative germination responses of the two varieties of *Arenaria patula*. Trans. Ky. Acad. Sci. 43 (1-2): 50 - 54.

Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1983. Seasonal changes in the germination responses of buried seeds of *Arabidopsis thaliana* and ecological interpretation. Bot. Gaz. 144 (4): 540 - 543.

- Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1985. Seasonal changes in the germination responses of buried Witchgrass (*Panicum capillare*) seeds. *Weed Sci.* 34: 22 - 24.
- Baskin, J. M. y Baskin, C.C. 1987. Temperature requirements for after-ripening in buried seeds of four summer annual weeds. *Weed Res.* 27: 385 - 389.
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En: Leck, M.A., Parker, V.T. y Simpson, R.L. (ed). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, Inc. New York. pp 53 - 87.
- Baskin, C.C. y Quarterman, E. 1969. Germination requirements of seeds of *Astragalus tennesseensis*. *Bull. Torrey Bot. Club* 96 (3): 315 - 321.
- Becerril Yopez, H.M. 1991. Determinación del comportamiento del almidón durante el desarrollo de semillas de la Familia Convolvulaceae desde antesis hasta semilla madura y durante las primeras fases de germinación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Benech Arnold, R.L., Gherua, C.M., Sánchez, R.A. e Insausti, P. 1990. temperature effects on dormancy relase and germination rate in *Sorghum halepense* (L.) Pers. seeds: a quantitative analysis. *Weed Res.* 30: 81 - 89.
- Bewley, J.D. y Black, M. 1985. *Seeds. Physiology of Development and Germination*. Plenum Press. New York and London. pp. 1 - 367.
- Bouwmeester, H.J. y Karssen, C.M. 1992. The dual role of temperature in the regulation of the seasonal changes in dormancy and germination of seeds of *Polygonum persicaria* L. *Oecologia* 90: 88 - 94.
- Boydston, R.A. 1989. Germination and emergence of Longspine Sandbur (*Cenchrus longispinus*). *Weed Sci.* 37: 63 - 67.
- Bradbeer, J. W. 1968. Studies in seed dormancy. IV. The role of inhibitors and gibberellin in the dormancy and germination of *Corylus avellana* L. seeds. *Planta* (Berlin) 78: 266 - 276.
- Bradbeer, J.W. 1988. *Seed dormancy and germination*. Chapman and Hall. New York. pp 1 - 146.
- Brechú Franco, A.E., Ponce Salazar, R.M., Márquez Guzmán, J. y Laguna Hernández, G. 1991. Respuesta anual de poblaciones de semillas viables de *Ipomea purpurea* (Convolvulaceae) enterradas a diferentes profundidades. *PHYTON* 52 105 - 112.

- Brenchley, W.E. y Warrington, K. 1930. The weed seed population of arable soil. 1. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. *J. Ecol* 18: 235 - 272.
- Caplenor, D. 1967. Temperature control of germination of *Helianthus* amarus seeds. *Ecology* 48 (4): 661 -664.
- Cavers, P.B. y Benoit, D.L. 1989. Seed Banks in Arable Land. En: Leck, M.A., Parker, V.T. y Simpson, R.L. 1989. *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, Inc. New York. pp 309- 328.
- Cole, A.W. 1976. Tall Morningglory Response to Planting Depth. *Weed Sci* 24: 489- 492.
- Cole, A.W. y Coats, G.E. 1973. Tall morningglory germination response to herbicides and temperature. *Weed Sci.* 21: 443-446.
- Côme, D. 1970. Les obstacles à la germination. Masson et Cie, Editeurs. Paris. pp 20-1131.
- Crowley, R.H. y Buchanan, G.A. 1980. Responses of *Ipomoea* species and Smallflower Morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) to temperature and osmotic stresses. *Weed science* 28: 76-82.
- Crowley, R.H. y Buchanan, G.A. 1982. Variations in seed production and the response to pests of Morningglory (*Ipomoea*) species and Smallflower Morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) *Weed Sci.* 30: 187-190.
- Chandler, J.M., Munson, R.L. y Vaughnam, C.E. 1977. Purple moonflower: emergence, growth, reproduction. *Weed Sci.* 25: 163-167.
- Christiansen, M.N. y Lewis, Ch.F. 1987. Mejoramiento de Plantas en Ambientes Poco Favorables. Noriega Editores. México.
- Dawson, J.H. y Bruns, V.F. 1962. Emergence of Barnyardgrass, Green Foxtail and Yellow Foxtail seedling from various soil depths. *Weed* 10: 136 - 139.
- Díaz Pontones, D.M. 1992. Catabolismo del almidón durante el desarrollo de la semilla de *Ipomoea purpurea*, arvensis del maíz. Tesis Doctoral. pp 99. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Dominguez Vergara, L.M. 1991. Actividad enzimática en la degradación del almidón durante el desarrollo de la semilla de *Ipomoea purpurea*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Donnelly, E.D. 1971. Breeding hard-seeded vetch using interespecific hybridization. *Crop. Sci* 11: 721 - 724.
- Dubey, P.S. y Mall, L.P. 1972. Ecology of germination of weed seeds.

- I. Role of temperature and depth of burial in the soil.
- Oecologia (Berl.) 10: 105 - 110.
- Duke, S.O. (Ed). 1985. Weed Physiology. Vol. 1. Reproduction and Ecophysiology. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Eastin, E.F. 1983. Smallflower Morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) germination as influenced by scarification, temperature and seeding depth. *Weed Science* 31: 727 - 730.
- Edwards, M.M. 1969. Effects of oxygen and coat in *Sinapis arvensis*. *J. Exp. Bot.* 20: 876 - 894.
- Egley, G.H. 1972. Influence of the seed envelope and growth regulators upon seed dormancy in witchweed (*Striga lutea* Lour.) *Ann. Bot.* 36: 755-762.
- Egley, G.H. 1979. Seed coat impermeability and germination of Showy *Crotalaria* (*Crotalaria spectabilis*) seeds. *Weed Sci.* 27: 355 - 361.
- Egley, G.H. 1986. Stimulation of weed seed germination in soil. *Rev. Weed Sci* 2: 67 -89.
- Egley, G.H. 1989. Water impermeable seed coverings as barriers to germination. En: Taylorson, R.B. (ed). Recent advances in the development and germination of seeds. Plenum Press. New York and London. pp 207 - 223.
- Egley, G.H. y Duke, S.O. 1985. Physiology of weed seed dormancy and germination. pp: 27-64. En: Duke, S.O. Weed Physiology. Vol I: Reproduction and Ecology. C.R.C. Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Esashi, Y., Tsukada, Y. y Ohara, Y. 1978. Interrelation between low temperature and anaerobiosis in the induction of germination of cocklebur seed. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 337 - 343.
- Espinosa. H.J. 1975. Levantamiento ecologico para determinar la presencia y dominancia de malezas en maiz y sorgo en el Altiplano de Jalisco. Informe Anual Combate de Malezas. INIA - SAG.
- Evenari, M., Koller, D., and Guterman, Y. 1966 Effects of the environment of the mother plant on germination by control of seed coat permeability to water in *Ononis sicula* Guss.). *Aust. J. Bot. Sci.* 19: 1007 - 1016.
- Fenner, M. 1992. The Ecology of Regeneration in Plants Communities. C.A.B International. Redwood Press Ltd, Melksham, UK.
- Fitter, A.H. y Hay, R.K.M. 1987. Environmental Physiology of Plants. Academic Press. London NY. p 150. 151.
- Gleichner, J.A. y Appleby, A.P. 1989. Effect of depth and duration of

- seed burial on Rigput Brome (*Bromus rigidus*). Weed Sci. 37: 68 - 72.
- Goedert, C.O. y Roberts, E.H. 1986. Characterization of alternating temperature regimes that remove seed dormancy in seeds of *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt. Plant Cell and Environment 9: 521-525.
- Gomes, L.F., Chandler, J.M. y Vaughnam. 1978. Aspects of germination, emergence and seed production of three *Ipomoea* taxa. Weed Sci. 26: 245 - 248.
- Gómez Pompa, A. 1976. Antología Ecológica. Lecturas Universitarias No. 26. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 105-177.
- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Editorial Limusa. México. p. 58.
- Grime, J.P. 1989. Seed Banks in Ecological Perspective. En: Leck, M.A., Parker, V.T. y Simpson, R.L. 1989. Ecology of Soil Seed Banks. Academic Press, Inc. New York. pag xv xxii.
- Gutterman, Y. 1980/81. Influences on seed germinability phenotypic maternal effects during seed germination. Isr. J. Bot. 29: 105 - 117.
- Gutterman, Y. 1985. Flowering, seed development and the influences during seed maturation on seed germination of annuals weeds. pp 1-25 En: Duke, S.O. Weed Physiology. Vol 1. Reproduction and Ecophysiology. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida.
- Hardcastle, W.S. 1978. Enhancement of *Ipomoea* seed germination. Weed Science Soc. 31: 280-281.
- Harper, J.L. 1977. The Population Biology of Plants. Academic Press. London.
- Harper, J.L. 1985. Studies on Plant Demography. Academic Press. London. pp. 127-142, 171-183.
- Harradine, Q.R. 1986. Seed longevity and seedling establishment of *Bromus diandrus* Roth. Weed Res. 26: 176 - 180. **verif si esta en exp 2**
- Horak, M.J. y Wax, L.M. 1991. Germination and seedling development of Bigroot Morningglory (*Ipomoea pandurata*). Weed Sci. 39: 390 -396.
- Iji, P.A., Tarawali, G. y Baba, M. 1993. The influence of stage of development and sowing depth on seed quality and seedling emergence of *Gliricidia sepium*. Seed Sci. and Technol. 21: 197 - 202
- Jann, C.R. y Amen D.R. 1977. What is germination? En: Khan, A.A. The Physiology and biochemistry of seed dormancy. North-Holland publishing company. New York. **faltan pag**

- Jauzein , P. 1986. Echelonnement et périodicité des levées de mauvaisesherbes. Bull. Soc. Bot. Fr. 133 Lettres Bot. (2) 155-156.
- Joly, C.A. y Felipe, G.M. 1979. Dormência das sementes de *Rapanea guianensis* Aubl. Revta. Brasil Bot. 2: 1 - 6.
- Kamaha, C. y Macguire, J.D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Sci. and Technol. 20: 181-185.
- Khan, A.A. 1982. (ed) The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. New York.
- Karsen, C.M. 1982. Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. pp. 243-270. En: Khan, A.A. The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination. Elsevier Biomedical Press. New York.
- Kendrick, R.E. y Kronenberg, G.H.M. 1986. (ed.) Photomorphogenesis in plants. Martinus Nijhoff Publishers. Lancaster.
- Koller, D. 1972. Environmental control of seed Germination. pp. 2-101. En: Kozlowski, T.T. 1972. Seed Biology. Volume II: Germination Control, Metabolism and Pathology. Academic Press. New York and London.
- Koller, D. y Cohen, D. 1959. Germination regulating mechanisms in some desert seeds. VI. *Convolvulus lanatus* Vahl, *Convolvulus nagevensis* Zoh and *Convolvulus secundus* Desr. Bull. Res. Council of Israel 7: 175-179.
- Kowithayakorn, L. y Hill, M.J. 1982. A study of lucerne seed development and some aspects of hard seed content. Seed Sci. and Technol 10: 179 - 186.
- Kozlowski, T.T. 1972. Seed Biology. Volume II: Germination Control, Metabolism and Pathology. Academic Press. New York and London.
- Leck, M.A., Parker, V.T. y Simpson, R.L. 1989. Ecology of Soil Seed Banks. Academic Press, Inc. New York.
- Lee, J.A. 1975. Inheritance of hard seed in cotton. Crop Sci. 15: 149 - 152.
- Li, Q. y Hill, M.J. 1989. Seed development and dormancy characteristics in *Lotus corniculatus* L. New Zealand Journal of Agricultural Research. 32: 333 - 336.
- Lonchamp, J.P. y Gora, M. 1979. Influence of oxygen deficiencies on the germination of weed seeds. Oecol. Plant 14: 121 - 130.
- Long, S.P. y Woodward, F.I. (Ed). 1988. Plants and Temperature. Society for Experimental Biology Symposia. Cambridge.
- Mann, R.K., Rieck, C.E. y Witt, W.W. 1981. Germination and emergence

- of Burcucumber (*Sicyos angulatus*). Weed Sci. 29: 83 - 86.
- Marbach, I. y Mayer, A.M. 1975. Changes in catechol oxidase and permeability to water in seed coats of *Pisum elatius* during seed development and maturation. Plant Physiol. 56: 93 -96.
- Mckee, G.W., Peiffer, R.A. y Mohsenin, N.N. 1977. Seed coat structure in *Coronilla varia* L. and its relations to hard seed. Agronomy Journal 69: 53 - 58.
- Mekki, M. y Leroux, G. 1991. False Chamomile seed germination requirements and its enhancement by ethephon and nitrate. Weed Sci. 39: 385 - 389.
- Méndez Ramírez, I., Namihira Guerrero, D., Moreno Altamirano, L. y Sosa de Martínez, C. 1990. El protocolo de Investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. 2º edición. Trillas. México. 210p.
- Méndez Ramírez, I. 1993. El error de restricción en el diseño y análisis de experimentos y pseudoexperimentos. Serie Monografías. Vol. 3, N° 11. Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM. 29p.
- Murcio García, E. 1983. Estudio anatómico y citoquímico de la semilla madura de *Ipomoea triloba* (Convolvulaceae). Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Murguía Sánchez, G. 1986. Estudio comparativo de semillas maduras de dos especies arbóreas del género *Ipomoea* (Convolvulaceae). Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Murray, D.R. 1984. Seed Physiology. Vol 2. Germination and reserve. Academic Press. London. 295p.
- National Academy of Sciences. 1978. Plantas Nocivas y cómo combatirías. Vol II. Editorial Limusa. México. pp. 19-44, 147-165, 421-424.
- Ojeda, H. y Trione, S.O. 1990. Effect of high temperatures on germination of guayule seeds. Seed Sci. and Technol. 18: 681-691.
- Osuna Fernández, H.R. 1990. Capacidad de infestación de semillas de *Sicyos deppel* G. Don. (Cucurbitaceae) e *Ipomoea purpurea* (L.) Roth (Convolvulaceae), sometidas a un ambiente húmedo. Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Pemadasa, M.A. y Lovell, P.H. 1975. Factors controlling germination of some dune annuals. J. Ecol. 63: 41 - 59.
- Piapini, F., Filippini, M.F. y Guianquinto, G. 1993. The influence of

temperature and light on seed germination of Radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bishoff). Seed Sci. and Technol 21: 69 - 83.

Ponce Salazar, M., Márquez Guzmán, J., Brechú Franco, A. y Laguna Hernández, G. 1990. Desarrollo e histoquímica de la cubierta seminal de *Ipomoea purpurea* (L.) Roth (Convolvulaceae) y su relación con la impermeabilidad al agua. PHYTON 51 (1): 5 - 12.

Porter, J. R. y Delecolle, R. 1988. Interaction of temperature with other environmental factors in controlling the development of plants. p. 133. En: Long, S.P. y Woodward, F.I. (Ed). Plants and Temperature. Society for Experimental Biology Symposia. Cambridge.

Probert, J.R. 1992. The role of temperature in germination ecophysiology. pp 285 - 325. En: Fenner, M. Seeds. The ecology of regeneration in plant communities. C.A.B. International. UK.

Quinlivan, B.J. 1968a. The softening of hard seeds of sand-plain Lupin (*Lupinus varius* L.). Aust. J. Agric. Res. 19: 507 - 515.

Quinlivan, B.J. 1971a. Seed coat impermeability in legumes. J. Austral. Inst. Agric. Sci. 37: 283 - 295.

Rico Rodríguez, L. 1985. Género *Ipomoea*. pp 250 252. En: Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol II Dicotyledonae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., Instituto de Ecología. México, D.F.

Riggio Bevilacqua, L., Roti-Michelozzi, G. y Serrato, G. 1984. Water entry in *Cercis siliquastrum* (Leguminosae) seeds.

Nord. J. Bot. 4 (5): 675 - 679.

Rivera Chavez, M. 1987. Estudio de *Ipomoea purpurea* (L.) Roth. asociada a cultivos de maiz en Chiautla, Estado de México. Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM.

Roberts, H.A. 1981. Seed Banks in Soil. Adv. Appl. Biol 6: 1 - 55.

Roberts, E.H. 1981. The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds.

Annals of Applied Biology 98: 552 - 555.

Roberts, E.H. 1988. Temperature and seed germination. pp. 109- 132 En: Long, S.P. y Woodward, F.I. (Ed). Plants and Temperature. Society for Experimental Biology Symposia. Cambridge.

Roberts, E.H. y Ellis, R.H. 1982. Physiological, Ultrastructural and metabolic aspects of seed viability. En: Khan, A.A. The physiology and

biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. New York.

Roberts, H.A. y Feast, P.M. 1972. Fate of seeds of some annual weeds in different depth of cultivated and undisturbed soil.

Weed Res. 12: 316 - 324.

Rodriguez Guillén, M.R. 1990. Estudio estructural e histoquímico del desarrollo de laticíferos en la semilla de *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Rolston, M.P. 1978. Water impermeable seed dormancy. Botanical Review 44: 365 - 396.

Rollin, P. 1970. Phytochrome, photomorphogénèse et photopériodisme. Masson et Cie Editeurs. Paris. pp 1 - 136.

Russi, L., Cocks, P.S. y Roberts, E.H. 1992. Hard-seedness and seed bank dynamics of six pasture legumes. Seed Science Research 2: 231 - 241.

Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol II Dicotyledonae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., Instituto de Ecología. México, D.F. pp 250 - 252.

Schafer, D.E. y Chilcote, D.O. 1969. Factors influencing persistence and depletion in buried seed population. I. A model for analysis of parameters of buried seed persistence and depletion. Crop Science 9: 417 - 418.

Shaw, D.R., Smith, H.R., Cole, A.W. y Snipes, Ch.E. 1987. Influence of environmental factors on smallflower morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) germination and growth. Weed Science 35: 519 - 523.

Shaw, D.R., Mack, R.E. y Smith, C.A. 1991. Redvine (*Brunnichia avata*) germination and emergence. Weed Sci. 39: 33 - 36.

Silvertown, J.W. 1981. Seed size, life span, and germination date as coadapted features of plant life history. The American Naturalist 118: 860 - 864.

Silvertown, J.W. 1984. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polymorphism in seeds. Am. Nat. 124: 1-16.

Smith, H. 1986. The perception of Light. pp 187 - 217. En: Kendrick, R.E. y Kronenberg, G.H.M. (ed.) Photomorphogenesis in plants. Martinus Nijhoff Publishers. Lancaster.

Sripleng, A. y Smith, F.H. 1960. Anatomy of seed of *Convolvulus*

arvensis. Amer. J. Bot. 47: 386-392.

Steel R.G.D. y Torrie, J.H. 1980. Bioestadística. Principios y Procedimientos. McGraw Hill. México. pp 228-229.

Stoller, E.W. y Wax, L.M. 1973. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Science 21: 574 - 580.

Stoller, E.W. y Wax, L.M. 1974. Dormancy Changes and fate of some annual weed seeds in the soil. Weed Sci. 22: 151-155.

Thompson, K. 1987. Seeds and Seed Banks. New Phytol 106 (Suppl.): 23 - 34.

Thompson, K. 1992. The Functional Ecology of Seed Banks. En: Fenner, M. The Ecology of Regeneration in Plants Communities. C.A.B International. Redwood Press Ltd, Melksham, UK.

Thompson, K. y Grime, J.P. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Journal of Ecology 67: 893 - 921.

Thompson, K. y Grime, J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. Journal of Applied Ecology 20: 141-156.

Thullen, R.J. y Keeley, E. 1983. Germination, growth and seed production of *Ipomoea hederacea* when planted at monthly intervals. Weed Science 31: 837 - 840.

Tran, V.N. y Cavanagh, K. 1984. Structural Aspects of Dormancy. pp 1 - 44. En: Murray, D.R. Seed Physiology. Vol 1. Germination and reserve. Academic Press. New York - London.

Valdovinos Ponce, G. 1992. Estructura e histoquímica del desarrollo de la semilla de tres variedades de *Ipomoea aquatica* (Convolvulaceae). Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM.

Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1982. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliconia donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. Physiol Plant 56: 295-298.

Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1984. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. Un reflejo de su ambiente. Ciencia (Ciudad de México) 35: 191-201.

Vertucci, Ch.W. 1989. The effects of low water contents on physiological activities of seeds.

*Physiologia Plantarum* 77: 172 - 176. Copenhagen.

Washitani, I. 1988. Effects of high temperatures on the permeability and germinability of the hard seeds of *Rhus javanica* L. *Annals of Botany* 62: 13 - 16.

Webb, D.P. y Wareing, P.F. 1972a. Seed dormancy in *Acer pseudoplatanus* L.: The role of covering structures. *J. Exp Bot* 23: 813 - 829.

Wilso, H.P. y Cole, R.H. 1966. Morningglory competition in soybeans. *Weeds* 14: 49 - 51.

Woodward, F.I. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press. London.

Woodward, F.I. 1988. Temperature and the distribution of plant species. pp.59-75. En: Long, S.P. y Woodward, F.I. (Ed) *Plants and Temperature*. Society for Experimental Biology Symposia. Cambridge.

## APENDICES

APENDICE A. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 1.  
GERMINACION DE SEMILLAS RECIEN COSECHADAS

A.1. ANALISIS GLOBAL

A.1.1. MODELO ESTADISTICO

El conjunto de datos obtenidos del experimento realizado para el objetivo 1 (latencia de las semillas recién formadas), el objetivo 2 (eliminación de la latencia por efecto de escarificación y temperatura de germinación) y el objetivo 3 (efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas escarificadas), se planteó como un factorial 2 x 3 x 4, donde se utilizó un modelo con 3 criterios de clasificación con interacción:

- Escarificación, con 2 niveles: escarificadas y no-escarificadas.
- Temperatura de germinación, con 3 niveles: 15°C, 25°C y 35°C.
- Día de registro, con 4 niveles: día 1, día 2, día 3 y día 4.

Sin embargo, se encontró que, de acuerdo a Méndez (1993), las muestras de unidades dentro de cada uno de los tratamientos no fueron independientes, porque no se asignaron al azar, las 24 unidades a los 3 tratamientos de temperatura; es decir, hay una restricción en la aleatorización, ya que aparecen juntas en su proceso y desarrollo las 8 unidades pequeñas (4 cajas Petri con semillas escarificadas y 4 cajas Petri con semillas no-escarificadas), formando una unidad grande que recibe cada tratamiento de temperatura.

Además, por aparecer juntas las 8 unidades pequeñas de cada tratamiento de temperatura, pueden estar sujetas a la influencia diferencial de factores de confusión, debidas a variaciones de condiciones entre las cámaras de germinación con ambiente controlado.

Así, para incluir en el análisis estadístico esta restricción en la aleatorización, se introducen en el modelo el término de error de restricción, correspondiente a los factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación  $j$ , a 15, 25 y 35°C:

$$s_{1(j)}$$

El modelo final es:

$$V_{ijklnp} = \mu + a_i + b_j + S_{1(j)} + c_k + C_{n(ij)} + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (ac)_{jk} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + E_{p(ijkin)}$$

$i = 1, 2$	Escarificación
$j = 1, 2, 3$	Temperatura de germinación
$k = 1, 2, 3, 4$	Día de registro
$l = 1$	Factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación
$n = 1, 2, 3, 4$	Cajas Petri dentro de los tratamientos de escarificación y temperatura.
$p = 1$	Error aleatorio

$V_{ijklnp}$  Es la variable de respuesta y representa el porcentaje de germinación transformado, del lote de semillas registrado en el  $k$ -ésimo día, evaluado en la  $j$ -ésima temperatura de germinación, bajo la  $i$ -ésima condición de escarificación.

$\mu$  Representa la media general de las observaciones.

$a_i$  Representa el efecto marginal producido por la  $i$ -ésima condición de escarificación, sobre la variable de respuesta.

$b_j$  Representa el efecto marginal producido por la  $j$ -ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta.

$S_{1(j)}$  Representa los factores aleatorios o error de restricción, en restricción, en que difieren las cámaras de germinación  $j$ , controladas a 15, 25 y 35°C, y que son comunes a las 8 cajas Petri que contiene cada cámara.

$c_k$  Representa el efecto marginal producido por el  $k$ -ésimo día de registro, sobre la variable de respuesta.

$C_{n(ij)}$  Representa los factores aleatorios de la caja de Petri dentro del tratamiento de escarificación  $i$ , dentro de la cámara de germinación  $j$ , considerando el error de restricción  $i$  relativo a las cámaras de germinación.

$(ab)_{ij}$  Representa el efecto de interacción de la  $i$ -ésima condición de escarificación y la  $j$ -ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta.

- (ac)  $_{ik}$  Representa el efecto de interacción de la  $i$ -ésima condición de escarificación y el  $k$ -ésimo día de registro, sobre la variable de respuesta.
- (bc)  $_{jk}$  Representa el efecto de interacción de la  $j$ -ésima temperatura de germinación y el  $k$ -ésimo día de registro sobre la variable de respuesta.
- (abc)  $_{ijk}$  Representa el efecto de interacción triple de la  $i$ -ésima condición de escarificación, la  $j$ -ésima temperatura de germinación y el  $k$ -ésimo día de registro, sobre la variable de respuesta.
- $E_p(ijklmn)$  Representa un término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento.

El primer paso del análisis consistió en obtener el A. de V. global para conocer el valor de los Cuadrados Medios (= CM) y los Grados de Libertad (= GL) de los factores. Además, de acuerdo al modelo con errores de restricción, se obtienen las esperanzas de los Cuadrados Medios y se aprecian las razones de F que se pueden construir, para las hipótesis de interés (Cuadro A.1).

El procedimiento teórico para hacer el análisis estadístico sobre todos los efectos, se basa en valorar si los errores de restricción (factores de confusión) son poco importantes.

Para probar la nulidad del efecto de la temperatura, se consideró que aunque la hipótesis nula  $H_0: \sigma_S^2 = 0$  no se puede verificar (Cuadro 1.1), la hipótesis nula de  $H_0: \sigma_S^2 + \sigma_T^2 = 0$  si se logra establecer por medio del cálculo de la "F conservadora" para cada factor, que resulta de la razón de Cuadrados Medios dividiendo el CM de la Temperatura de germinación con el CM de Caja (Temperatura \* Escarificación):

$$F = \frac{CM_{Temp}}{CM_{Caja(Temp*Esc)}}$$

Las pruebas sobre Escarificación y Temperatura \* Escarificación, se hacen dividiendo también sus CM(s) entre el de Caja (Temperatura \* Escarificación):

$$F = \frac{CM_{Esc}}{CM_{Caja(Temp*Esc)}} \quad F = \frac{CM_{Temp*Esc}}{CM_{Caja(Temp*Esc)}}$$

Las pruebas de hipótesis sobre días y sus interacciones con escarificación y temperatura, se efectúan dividiendo los CM respectivos, entre el de la interacción caja por día dentro de temperatura y escarificación:

$$\begin{aligned} F &= \frac{CM_{\text{Día}}}{CM_{\text{Caja} \times \text{Día} (\text{Temp y Esc})}} \\ F &= \frac{CM_{\text{Temp} \times \text{Día}}}{CM_{\text{Caja} \times \text{Día} (\text{Temp y Esc})}} \\ F &= \frac{CM_{\text{Esc} \times \text{Día}}}{CM_{\text{Caja} \times \text{Día} (\text{Temp y Esc})}} \\ F &= \frac{CM_{\text{Temp} \times \text{Esc} \times \text{Día}}}{CM_{\text{Caja} \times \text{Día} (\text{Temp y Esc})}} \end{aligned}$$

Estas pruebas suponen la igualdad de covarianza entre datos para cualquier pareja de días.

Si una "F" es significativa, procede la prueba de Tukey y/o los contrastes.

Si la "F" no es significativa, se concluye la ausencia de efecto de los factores.

Se trazaron gráficas de los resultados.

Para el análisis estadístico se utilizaron los programas STATGRAPHICS versión 2 y el programa SAS versión 6.1.

### A.1.2. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN LOS 4 DIAS REGISTRADOS

El análisis estadístico global de la influencia de los factores Temperatura, Escarificación y Tiempo en Días, considerando el error de restricción de Temperatura por los efectos en los que difieren las Cámaras de Germinación, mostró que hay una influencia altamente significativa de cada uno de los factores principales, así como de las distintas interacciones (Cuadro A.1)

Cuadro A.1. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C, durante 4 días						
Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM			F
Temp	2	7922.89	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_C + 48\sigma^2_S + 32\sigma^2_T$			66.76 (1)
E R S	0		$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_C + 48\sigma^2_S$			
Esc	1	33314.17	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_C + 48\sigma^2_S$			27.93
Temp * Esc	2	5636.78	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_C + 16\sigma^2_E$			47.50
Caja(Temp y Esc)	18	118.67	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_C$			
Día	3	4634.32	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 24\sigma^2_D$			136.91
Temp * Día	6	794.94	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 8\sigma^2_D$			23.48
Esc * Día	3	3119.64	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 12\sigma^2_{TD}$			92.16
Temp * Esc * Día	6	585.48	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D} + 4\sigma^2_{TED}$			17.30 .0001
Caja*Día	54	33.85	$\sigma^2 + \sigma^2_{C \cdot D}$			
(Temp y Esc)						
Error	0	95969.71	$\sigma^2$			
Total		95				

(1) El componente  $48\sigma^2_S + 32\sigma^2_T$  se hace igual a cero en virtud de las consideraciones anteriores.

CMTemp	/ CM Caja(Temp y Esc)	= 7922.89 / 118.67 = 66.76
CMEsc	/ CM Caja(Temp y Esc)	= 33314.17 / 118.67 = 27.93
CMTemp*Esc	/ CM Caja(Temp y Esc)	= 5636.78 / 118.67 = 47.5
CMDía	/ CM Caja*Día(Temp y Esc)	= 4634.32 / 33.85 = 136.91
CMTemp*Día	/ CM Caja*Día(Temp y Esc)	= 794.94 / 33.85 = 23.48
CMEsc*Día	/ CM Caja*Día(Temp y Esc)	= 3119.64 / 33.85 = 92.16
CMTemp*Esc*Día	/ CM Caja*Día(Temp y Esc)	= 585.5 / 33.85 = 17.93

Aun con los ajustes que se hicieron con las pruebas de Greenhouse - Geisser y Huynh - Feldt, que produce el SAS, se corroboró el efecto significativo de los factores individuales y de sus interacciones, con valores de P ajustadas de 0.0001 (Cuadro A.1a).

Cuadro A.1a (Continuación) A. de V. con las pruebas de Greenhouse - Geisser y Huynh - Feldt, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C, durante 4 días (Resultados del SAS).

Fuente	GL	F	Pr > F Ajustada		Pr>F No AJ
			G - G	H - F	P
Temp	2	66.76			
E R S	0				
Esc	1	27.93			
Temp * Esc	2	47.50			
Caja/Temp y Esc	18				
Día	3	136.91	0.0001	0.0001	0.0001
Temp * Día	6	23.48	0.0001	0.0001	0.0001
Esc * Día	3	92.16	0.0001	0.0001	0.0001
Temp * Esc * Día	6	17.30	0.0001	0.0001	0.0001
Caja*Día/	54				
Temp y Esc					
Error	0				
Total	95				

Sin embargo, a pesar de ser altamente significativa la influencia de la interacción triple Temperatura \* Esc \* Día, el valor tan bajo de Epsilon en la prueba Greenhouse - Geisser de 0.5094, indica que existe una correlación entre días, la cual se encuentra fuertemente afectada por la gran proporción de ceros registrados en los días 1 y 2. De ello se deriva la violación del postulado de homoscedasticidad.

Para poder acercarse a la homogeneidad de varianzas, se procedió a hacer el análisis de los efectos de temperatura y escarificación para cada día por separado. Ahora ya no importa el supuesto de igualdad de covarianza entre días.

## A.2. ANALISIS POR DIA

### A.2.1. MODELO ESTADISTICO

El conjunto de datos obtenidos del experimento realizado para el objetivo 1 (latencia de las semillas recién formadas), objetivo 2 (eliminación de la latencia por efecto de escarificación y temperatura de germinación) y objetivo 3 (efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas escarificadas), se plantea como un factorial  $2 \times 3$  para cada día, donde se utilizó un modelo con 2 criterios de clasificación con interacción:

- Escarificación, con 2 niveles: escarificadas y no-escarificadas.
- Temperatura de germinación, con 3 niveles: 15°C, 25°C y 35°C.

Sin embargo, de nuevo se encontró que, de acuerdo a Méndez (1993), las muestras de unidades dentro de cada uno de los tratamientos no fueron independientes, porque no se asignaron al azar las 24 unidades a los 3 tratamientos de temperatura; es decir, hay una restricción en la aleatorización, ya que aparecen juntas en su proceso y desarrollo las 8 unidades pequeñas (4 cajas Petri con semillas escarificadas y 4 cajas Petri con semillas no-escarificadas), que forman una unidad grande la cual recibe cada tratamiento de temperatura.

Además, por aparecer juntas las 8 unidades pequeñas de cada tratamiento de temperatura, pueden estar sujetas a la influencia diferencial de factores de confusión, debidas a variaciones de condiciones entre las cámaras de germinación con ambiente controlado.

Así, para incluir en el análisis estadístico esta restricción en la aleatorización, se introduce en el modelo un término de error de restricción correspondiente a los factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación  $j$ , con temperatura controlada a 15, 25 y 35°C:

$$S_{k(j)}$$

El modelo final es:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + S_{k(j)} + (ab)_{ij} + E_{1(ijk)}$$

- $i = 1, 2$  Escarificación  
 $j = 1, 2, 3$  Temperatura de germinación en cámara de ambiente controlado  
 $k = 1$  Factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación  
 $l = 1, 2, 3, 4$  Repeticiones

$V_{ijkl}$

Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado, de germinación del lote de semillas registrado en la  $i$ -ésima repetición, evaluado en la  $j$ -ésima temperatura de germinación, bajo la  $i$ -ésima condición de escarificación.

$\mu$

Representa la media general de las observaciones.

$a_i$

Representa el efecto marginal producido por la  $i$ -ésima condición de escarificación, sobre la variable de respuesta.

$b_j$

Representa el efecto marginal producido por la  $j$ -ésima temperatura de germinación, producida en las cámaras de ambiente controlado, sobre la variable de respuesta.

$S_{k(j)}$

Representa los factores aleatorios, error de restricción, en que difieren las cámaras de germinación  $j$ , controladas a 15, 25 y 35°C y que son comunes a las 8 cajas Petri que contiene cada cámara.

$(ab)_{ij}$

Representa el efecto de interacción de la  $i$ -ésima condición de escarificación y la  $j$ -ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta.

$E_{l(ijk)}$

Representa los factores aleatorios entre las 4 cajas Petri, dentro del tratamiento de escarificación  $i$ , dentro de la cámara de germinación  $k$ , de temperatura  $j$ .

El primer paso del análisis consistió en obtener el A. de V. de los datos registrados cada día, para conocer el valor de los Cuadrados Medios (= CM) y los Grados de Libertad (= GL) de los factores. Además, de acuerdo al modelo con errores de restricción, se obtienen las esperanzas de los Cuadrados Medios y se aprecian las razones de F que se pueden construir, para las hipótesis de interés (Cuadro A.3).

Para probar la nulidad del efecto de la temperatura, se consideró que aunque la hipótesis nula  $H_0: \sigma_T^2 = 0$  no se puede verificar, la hipótesis nula de  $H_0: \sigma_S^2 + \sigma_T^2 = 0$  si se logra establecer por medio del cálculo de la "F", que resulta de la razón de Cuadrados Medios dividiendo el CM de la Temperatura de germinación con el CM del Error.

$$F = \frac{CM_{Temp}}{CM_{Error}}$$

Las pruebas sobre Escarificación y Temperatura \* Escarificación, también se hacen dividiendo sus CM(s) entre el del Error.

Si la "F" es significativa, procede la prueba de Tukey y/o los contrastes.

Se aplican pruebas de "t" para aquellas comparaciones entre grupos de promedios, que en la prueba de F se consideraron diferentes.

Si la "F" no es significativa, se concluye la ausencia de efecto de los factores.

Se trazaron gráficas de los resultados.

Para el análisis estadístico se utilizaron los programas STATGRAPHICS versión 2 y el programa SAS versión 6.1.

#### A.2.2. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN CADA UNO DE LOS 4 DIAS REGISTRADOS

El Análisis estadístico para la germinación de las semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, expuestas a 15, 25 y 35°C para su germinación y muestreadas el día 1 (Cuadro A.1), indicó que no existe un efecto conjunto de los factores escarificación y temperatura de germinación, ni tampoco existe influencia del efecto parcial del factor temperatura (Fc: 2.95, P:0.077 para ambos). Con esto se concluye que no hay efecto de temperatura.

Sin embargo, sí se encontró un efecto significativo del factor escarificación (Fc: 10.44, P: 0.004), donde a pesar de registrar un valor de germinación bajo, de 3.55 V. Trif. en semillas escarificadas, éste fue estadísticamente superior al obtenido en semillas no-escarificadas, en las que no se presentó respuesta.

Cuadro A.2. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C y registradas el día 1. (P > 0.05)

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	P
Temp	2	20.978	$\sigma^2 + 12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$	2.95	0.077 NS (1)
E R S	0		$\sigma^2 + 12\sigma_S^2$		
Esc	1	75.6505	$\sigma^2 + 12\sigma_S^2 + 4\sigma_{T \times E}^2$	10.64	0.004 AS
Temp * Esc	2	20.978	$\sigma^2 + 4\sigma_{T \times E}^2$	2.95	0.077 NS
Error	18	127.9848	$\sigma^2$		
Total	23				

(1) El componente  $12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$  se considera igual a cero en virtud de la no significancia de la F.

$$F = \text{CM Temp} / \text{CM Error} : 20.978 / 7.1103 = 2.95$$

$$F = \text{CM Esc} / \text{CM Error} : 75.6505 / 7.1103 = 10.64$$

$$F = \text{CM Temp*Esc} / \text{CM Error} : 20.978 / 7.1103 = 2.95$$

Por el hecho de que en el día 1 la F para la hipótesis conjunta  $12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2 = 0$ , no se rechazó (P: 0.077), permite considerar que la variación entre cámaras de temperatura controlada, fue pequeña; es decir, que por lo menos para el día 1, el efecto de  $\sigma_S^2$  es negligible.

Sólo se concluye que en el día 1, la escarificación produce mayor germinación, que el no escarificar.

Para el caso de los análisis en los días 2, 3, y 4 (Cuadros A.3, A.4 y A.5), en los que se encuentra una P: 0.001, la hipótesis  $H_0: 12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2 = 0$ , se rechaza; sin embargo, el resultado para la temperatura no es válido, pues no se puede afirmar si el efecto está dado por la misma temperatura o por las condiciones ambientales de la cámara de ambiente controlado, o por ambos (Méndez 1993, pag 23).

En los días 2, 3 y 4, se encontró una influencia altamente significativa del factor principal Escarificación (Fc día 2: 175.45 con P: 0.001; Fc: día 3: 213 con P: 0.001; Fc día 4: 201.73 con P: 0.001), así como de la interacción Escarificación \* Temperatura (Fc día 2: 50.57 con P: 0.001; Fc día 3: 28.59 con P: 0.001; Fc día 4: 26.04 con P: 0.001).

Cuadro A.3. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C y registradas el día 2. (P > 0.05).

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	P
Temp	2	3231.546	$\sigma^2 + 12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$	50.57	0.001 AS (1)
E R S	0		$\sigma^2 + 12\sigma_S^2$		
Esc	1	11212.133	$\sigma^2 + 12\sigma_E^2$	175.45	0.001 AS
Temp * Esc	2	3231.546	$\sigma^2 + 4\sigma_{T \times E}^2$	50.57	0.001 AS
Error	18	63.904	$\sigma^2$		
Total	23				

(1) El componente  $12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$  no se puede considerar que es igual a cero en virtud de que ahora la F fue significativa. No se sabe si hay efecto de temperatura, del error de restricción o ambos.

F = CM Temp / CM Error : 3231.546 / 63.904 = 50.57  
 F = CM Esc / CM Error : 11212.133 / 63.904 = 175.45  
 F = CM Temp\*Esc / CM Error : 3231.546 / 63.904 = 50.57

Como la interacción Temperatura \* Escarificación fue significativa, es necesario valorar las diferencias en escarificación, dentro de cada temperatura por separado.

Cuadro A.4. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C y registradas el día 3. (P > 0.05)

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	P
Temp	2	3337.307	$\sigma^2 + 12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$	43.10	0.001 AS (1)
E R S	0		$\sigma^2 + 12\sigma_S^2$		
Esc	1	16494.478	$\sigma^2 + 12\sigma_E^2$	213.00	0.001 AS
Temp * Esc	2	2213.918	$\sigma^2 + 4\sigma_{TE}^2$	28.59	0.001 AS
Error	18	77.438	$\sigma^2$		
Total	23				

(1) El componente  $12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$  no se puede considerar que es igual a cero en virtud de que ahora la F fue significativa. No se sabe si hay efecto de temperatura, del error de restricción o ambos.

F	=	CM Temp	/	CM Error	:	3337.307	/	77.438	=	43.10
F	=	CM Esc	/	CM Error	:	16494.478	/	77.438	=	213.00
F	=	CM Temp*Esc	/	CM Error	:	2213.918	/	77.438	=	28.59

Como la interacción Temperatura \* Escarificación fue significativa, es necesario valorar las diferencias en escarificación, dentro de cada temperatura por separado.

Cuadro A.5. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C y registradas el día 4. (P > 0.05)

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	P
Temp	2	3718.246	$\sigma^2 + 12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$	50.37	0.001 AS (1)
E R S	0		$\sigma^2 + 12\sigma_S^2$		
Esc	1	14891.696	$\sigma^2 + 12\sigma_E^2$	201.73	0.001 AS
Temp * Esc	2	1922.566	$\sigma^2 + 4\sigma_{TE}^2$	26.04	0.001 AS
Error	18	73.818	$\sigma^2$		
Total	23				

(1) El componente  $12\sigma_S^2 + 8\sigma_T^2$  no se puede considerar que es igual a cero en virtud de que ahora la F fue significativa. No se sabe si hay efecto de temperatura, del error de restricción o ambos.

F = CM Temp / CM Error : 3718.246 / 73.818 = 50.37  
 F = CM Esc / CM Error : 14891.696 / 73.818 = 201.73  
 F = CM Temp\*Esc / CM Error : 1922.566 / 73.818 = 26.04

Como la interacción Temperatura \* Escarificación fue significativa, es necesario valorar las diferencias en escarificación, dentro de cada temperatura por separado.

Tomando en cuenta el valor significativo del efecto de la interacción Temperatura \* Escarificación en los días 2, 3 y 4, se propone un análisis estadístico enfocando su influencia sobre la respuesta de germinación de las semillas recién cosechadas, a través de pruebas de "t" (Cuadro A.6), para comparar el efecto de la escarificación, para cada temperatura por separado.

PRUEBAS DE "t":  $t_{cal} = (\bar{v}_{1j} - \bar{v}_{2j}) / \sqrt{2CHZ/4}$

j = Temperatura

1 = Escarificadas

2 = No-escarificadas

"t" tablas = 1.734 (con 18 GL del Error y  $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro A.6)

Cuadro A.6. Pruebas de "t" que comparan en cada día, los resultados con semillas esscarificadas y no-esscarificadas, germinadas a 15, 25 y 35°C.

Día 2, Escarificadas vs No-esscarificadas 15°C:			
(79.48 - 0) / $\sqrt{2(63.904)/4}$ = 79.48 / 5.65 = 14.07 >	tt	AS	
Día 2, Escarificadas vs No-esscarificadas 25°C:			
(50.21 - 0) / $\sqrt{2(63.904)/4}$ = 50.21 / 5.65 = 8.89 >	tt	AS	
Día 3, Escarificadas vs No-esscarificadas 15°C:			
(79.48 - 6.95) / $\sqrt{2(77.438)/4}$ = 72.53 / 6.22 = 11.66 >	tt	AS	
Día 3, Escarificadas vs No-esscarificadas 25°C:			
(76.88 - 6.14) / $\sqrt{2(77.438)/4}$ = 70.74 / 6.22 = 11.37 >	tt	AS	
Día 3, Escarificadas vs No-esscarificadas 35°C:			
(4.03 - 0.0) / $\sqrt{2(77.438)/4}$ = 4.03 / 6.22 = 0.65 <	tt	NS	
Día 4, Escarificadas vs No-esscarificadas 15°C:			
(79.48 - 11.05) / $\sqrt{2(73.81)/4}$ = 68.43 / 6.08 = 11.25 >	tt	AS	
Día 4, Escarificadas vs No-esscarificadas 25°C:			
(76.88 - 9.87) / $\sqrt{2(73.81)/4}$ = 67.01 / 6.08 = 11.02 >	tt	AS	
Día 4, Escarificadas vs No-esscarificadas 35°C:			
(4.03 - 0.0) / $\sqrt{2(73.81)/4}$ = 4.03 / 6.08 = 0.66 <	tt	NS	

\* AS = Altamente Significativo. NS = No Significativo

En el día 2, no hubo germinación de semillas esscarificadas ni de semillas no-esscarificadas, en la temperatura de 35°C, por lo cual no se aplicó la prueba de "t" para esta comparación.

A partir de las pruebas de "t" para el día 2, queda establecida una diferencia entre la respuesta de semillas esscarificadas y no-esscarificadas, germinadas a 15 y a 25°C, siendo mayor el porcentaje de germinación obtenido con semillas esscarificadas.

En los días 3 y 4, fueron significativas las diferencias entre semillas esscarificadas y no-esscarificadas, germinadas a 15 y 25°C, obteniéndose mayores porcentajes en semillas esscarificadas.

Sólo resultaron no significativas, las diferencias entre semillas esscarificadas y no-esscarificadas, germinadas a 35°C

Puesto que en los registros de los días 3 y 4, disminuyó la cantidad de ceros presentes en la respuesta, se aplicó a ellos un análisis de varianza (Cuadro A.7)

Cuadro A.7. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15, 25 y 35°C, durante los días 3 y 4.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	Pr
Temp	2	7043.08	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_C + 24\sigma^2_S + 16\sigma^2_T$	48.36	.0001 (1)
E R S	0		$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_C + 24\sigma^2_S$		
Esc	1	31314.08	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_C + 24\sigma^2_E$	215.01	.0001
Temp * Esc	2	4127.08	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_C + 8\sigma^2_E$	28.34	.0001
Caja(Temp y Esc)18		145.64	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_C$		
Día	1	21.33	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 24\sigma^2_D$	6.00	.0248
Temp * Día	2	5.33	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 8\sigma^2_{TD}$	1.5	.2497
Esc * Día	1	21.33	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 12\sigma^2_{ED}$	6.00	.0248
Temp* Esc* Día	2	5.33	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D} + 4\sigma^2_{TED}$	1.5	.2497
Caja*Día	18	33.85	$\sigma^2 + \sigma^2_{C+D}$		
(Temp y Esc)					
Error	0	3.55	$\sigma^2$		
Total	95				

(1) El componente  $48\sigma^2_S + 32\sigma^2_T$  se hace igual a cero en virtud de las consideraciones anteriores.

Para la interacción doble Días \* Temperatura (Fc: 1.5, P: 0.2497) y la interacción triple Días \* Escarificación \* Temperatura (Fc: 1.5, P: 0.2497), el A. de V. mostró a través de la distribución de F, que no hay suficiente evidencia de que estos efectos sean importantes.

En cambio, los factores principales tiempo en Días (Fc: 6.00, P: 0.0248) Escarificación (Fc: 215.01, P: 0.0001) y las interacciones Temperatura \* Escarificación (Fc: 28.34, P: 0.0001) y Escarificación \* Días (Fc: 6.0, P: 0.0248), revelaron una influencia altamente significativa sobre la respuesta de germinación.

Considerando la alta significancia de las interacciones Temperatura \* Escarificación y Escarificación \* Día, se procedió a trazar las gráficas correspondientes y a aplicar las siguientes pruebas:

- Para la interacción Temperatura \* Escarificación, realizar la prueba de Tukey para los promedios de las 3 temperaturas, para cada escarificación por separado.
- De "t" para comparar escarificadas vs no-escarificadas, en ambas interacciones; en un caso hacerlo dentro de cada temperatura por separado y en el otro, hacerlo dentro de cada día por separado.

Análisis de la interacción Temperatura \* Escarificación.

$$Tukey = \frac{0.05}{18 \text{ d.l.}} (3 \text{ medias}) \sqrt{CM_{Caja}(\text{Temp y Esc})/\text{No. datos para } \bar{X}}$$

$$= (3.61) \sqrt{145.64/8} = (3.61) \sqrt{18.205} = (3.61)(4.266) \\ = 15.40 \quad (\text{Cuadro A.8})$$

Cuadro A.8. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción Temperatura \* Escarificación, de los días 3 y 4, que comparan las temperaturas de germinación en cada nivel de escarificación.

Escarificadas 15°C:	79.48 a	No-escarificadas 15°C:	6.95 a
25°C:	76.88 a	25°C:	6.14 a
35°C:	14.03 b	35°C:	0.00 a

Pruebas de "t"

$$"t" \text{ calculada} = \frac{(\bar{y}_{1j} - \bar{y}_{2j})}{\sqrt{2} \sqrt{CM_{Caja}(\text{Temp y Esc})/\text{No. datos para } \bar{Y}}}$$

$$"t" \text{ Tablas} = 1.734 \quad (\text{Cuadro A.9})$$

Cuadro A.9. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción Temperatura \* Escarificación, de los días 3 y 4, que comparan la respuesta de semillas escarificadas y no-escarificadas, en cada temperatura de germinación.

Temperatura de 15°C, comparación de Escarificadas y No-escarificadas:

$$(79.48 - 6.95) / \sqrt{2(145.69)/8} = 72.5 / 6.035 = 12.01 > t_t \text{ AS}$$

Temperatura de 25°C, comparación de Escarificadas y No-escarificadas:

$$(76.88 - 6.14) / \sqrt{2(145.69)/8} = 70.74 / 6.035 = 11.72 > t_t \text{ AS}$$

Temperatura de 35°C, comparación de Escarificadas y No-escarificadas:

$$(14.03 - 0.0) / \sqrt{2(145.69)/8} = 14.03 / 6.035 = 2.32 > t_t \text{ AS}$$

Análisis de la interacción Escarificación \* Días:

Pruebas de "t"

$$"t"_{calculada} = (\bar{V}_{1j} - \bar{V}_{2j}) / \sqrt{2(Caja * Día * (Temp y Esc) / No datos para Y)}$$

$$"t"_{tablas} = 1.734 \quad (\text{Cuadro A. 10})$$

Cuadro A.10. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción Escarificación

\* Día, que compara la respuesta de semillas escarificadas y no-escarificadas, en los días 3 y 4.

Día 3, comparación de Escarificadas y No-escarificadas:

$$(56.79 - 4.36) / \sqrt{2(33.85)/12} = 52.43/2.38 = 22.03 > t_{AS}$$

Día 4, comparación de Escarificadas y No-escarificadas:

$$(56.79 - 6.97) / \sqrt{2(33.85)/12} = 49.82/2.38 = 20.93 > t_{AS}$$

Hay un incremento significativo de la germinación debido a la escarificación en los días 3 al 4, el cual se debe a la respuesta de las semillas no-escarificadas que son las que sufren un aumento.

En oposición al planteamiento del modelo con error de restricción, donde se señala la falta de validez del efecto de la Temperatura (al tomar en cuenta una posible influencia de las cámaras de germinación por la ausencia de repeticiones de las mismas), se puede considerar que si hay una influencia de la temperatura sobre la respuesta de las semillas, debido a que los últimos experimentos con repeticiones de las cámaras de ambiente controlado, comprobaron la ausencia de un efecto de las cámaras sobre los resultados de germinación.

Ello conduce a aceptar hacer comparaciones entre los resultados obtenidos de acuerdo al factor Temperatura, por lo que se aplican las pruebas de "t" correspondientes (Cuadro A.11).

Pruebas de "t", para comparar el efecto de la Temperatura, para cada condición de escarificación por separado.

$$\text{PRUEBAS DE "t":} \quad "t"_{cal} = (\bar{V}_{11} - \bar{V}_{12}) / \sqrt{2CME/4}$$

1 = Escarificación

1 = 15°C o 25°C

2 = 25°C o 35°C

$$"t"_{tablas} = 1.734 \quad (\text{con 18 GL del Error y } \alpha = 0.05) \quad (\text{Cuadro A. 11})$$

Cuadro A.11. Pruebas de "t" que comparan en cada día y en cada nivel de escarificación, los resultados obtenidos a las temperaturas de germinación de 15, 25 y 35°C.

Día 1, Semillas Escarificadas, 15°C vs 25°C:				
6.34 - 4.31 / $\sqrt{2(7.11)/4} = 2.03/1.88 =$	1.08	<	tt	NS
Día 1, Semillas Escarificadas, 15°C vs 35°C:				
6.34 - 0.0 / $\sqrt{2(7.11)/4} = 6.34$	3.37	>	tt	AS
Día 1, Semillas Escarificadas, 25°C vs 35°C:				
4.31 - 0.0 / $\sqrt{2(7.11)/4} = 4.31/1.88 =$	2.29	>	tt	AS
Día 2, Semillas Escarificadas, 15°C vs 25°C:				
(79.48 - 50.21) / $\sqrt{2(63.904)/4} = 29.63 / 5.65 =$	5.24	>	tt	AS
Día 3, Semillas Escarificadas, 15°C y 25°C:				
(79.48 - 76.88) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 2.6 / 6.22 =$	0.42	<	tt	NS
Día 3, Semillas Escarificadas, 15°C vs 35°C:				
(79.48 - 4.03) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 75.45 / 6.22 =$	12.13	>	tt	AS
Día 3, Semillas Escarificadas, 25°C vs 35°C:				
(76.88 - 4.03) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 72.85 / 6.22 =$	11.71	>	tt	AS
Día 3, Semillas No-escarificadas, 15°C vs 25°C:				
(6.95 - 6.14) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 0.81 / 6.22 =$	0.13	<	tt	NS
Día 3, Semillas No-escarificadas, 15°C vs 35°C:				
(6.95 - 0.00) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 6.95 / 6.22 =$	1.12	<	tt	NS
Día 3, Semillas No-escarificadas, 25°C vs 35°C:				
(6.14 - 0.00) / $\sqrt{2(77.438)/4} = 6.14 / 6.22 =$	0.98	<	tt	NS
Día 4, Semillas Escarificadas, 15°C y 25°C:				
(79.48 - 76.88) / $\sqrt{2(63.904)/4} = 2.6 / 6.22 =$	0.42	<	tt	NS
Día 4, Semillas Escarificadas, 15°C vs 35°C:				
(79.48 - 14.03) / $\sqrt{2(73.81)/4} = 65.45 / 6.08 =$	10.76	>	tt	AS
Día 4, Semillas Escarificadas, 25°C vs 35°C:				
(76.88 - 14.03) / $\sqrt{2(73.81)/4} = 62.85 / 6.08 =$	10.34	>	tt	AS
Día 4, Semillas No-escarificadas, 15°C vs 25°C:				
(11.05 - 9.87) / $\sqrt{2(73.81)/4} = 1.18 / 6.22 =$	0.19	<	tt	NS
Día 4, Semillas No-escarificadas, 15°C vs 35°C:				
(11.05 - 0.00) / $\sqrt{2(73.81)/4} = 11.05 / 6.22 =$	1.77	>	tt	S
Día 4, Semillas No-escarificadas, 25°C vs 35°C:				
(9.87 - 0.00) / $\sqrt{2(73.81)/4} = 9.87 / 6.22 =$	1.58	<	tt	NS

\* AS = Altamente Significativo. NS = No Significativo

Para el Día 1 se encontraron diferencias entre la respuesta de las semillas escarificadas, donde la germinación a 35°C con 0% de germinación, fue menor respecto a los valores obtenidos a 15°C (6.34 V Trf= 1.63%) y 25°C (4.31 V Trf= 2.78%); entre estas últimas, la diferencia no fue significativa.

En semillas no-escarificadas, en este día no se presentó germinación en ninguna de las 3 temperaturas ensayadas.

Para el día 2 se encontraron diferencias entre la respuesta de las semillas escarificadas, germinadas a 15 a 25 y 35°C, siendo mayor el porcentaje de germinación obtenido a 15°C (79.48 V Trf= 96.6%) que a 25°C (50.21 V Trf=58.45%) y a su vez este último fue mayor que el logrado a 35°C donde no se presentó germinación (0%).

En semillas no-escarificadas, tampoco en este día se presentó germinación en ninguna de las 3 temperaturas ensayadas.

De acuerdo a los análisis con pruebas de "t" para los días 3 y 4 por separado (Cuadro A.7) y a los análisis de varianza específicos para los días 3 y 4 considerados conjuntamente, donde se distinguían los niveles que causaban las diferencias con pruebas de "t" para escarificación (Cuadros A.9 y A.10) y de Tukey para las temperaturas (Cuadro 1.9), los resultados son los siguientes.

En los días 3 y 4, se encontró que a las temperaturas de 15, 25 y 35°C, siempre hubo diferencias entre semillas escarificadas y no-escarificadas, con mayores porcentajes en semillas escarificadas.

A su vez, en estos días se encontraron diferencias en semillas escarificadas, entre las expuestas a 35°C, con porcentajes bajos del 14.03 V Trf= 11.5%, el cual fue inferior a los obtenidos en la germinación a 15°C (79.48 V Trf= 96.6% en los días 3 y 4) y 25°C (76.88 V Trf= 93.2% en los días 3 y 4) , cuyos registros no mostraron diferencias entre sí.

Para el día 3, con semillas no-escarificadas, se presentaron bajos porcentajes de germinación en las 3 temperaturas (15°C: 6.95 V Trf= 2%; 25°C: 6.14 V Trf= 2.5%; 35°C: 0%), los cuales no mostraron diferencias significativas entre las 3 condiciones térmicas.

Por su parte, para el día 4 siguieron siendo bajos los porcentajes de germinación de semillas no-escarificadas a las 3 temperaturas, y aunque con la prueba de "t" se empieza a separar la respuesta a 15°C (11.05 V Trf= 4%) de la registrada a 35°C (0%), con la prueba de Tukey se aprecia que no hay diferencia en la respuesta lograda en las 3 temperaturas.

#### COMENTARIOS

Los resultados obtenidos en el experimento 1, señalan lo siguiente:

En el día 1, el A. de V. muestra que la escarificación produce mayor germinación tanto en las semillas incubadas a 15°C como en las que lo hicieron a 25°C, pero no tiene efecto en aquellas incubadas a 35°C.

En los días 2, 3 y 4, los A. de V. indicaron nuevamente que la escarificación ejerce una influencia significativa sobre la germinación de las semillas incubadas a 15 y 25°C; pero no tiene efecto cuando las semillas se incuban a 35°C, donde la germinación es muy baja.

Al hacer la comparación entre temperaturas, se puede apreciar en el día 2 un mayor porcentaje de germinación en las semillas escarificadas que se incubaron a 15°C (79.48 V Trf 96.66%), respecto a las expuestas a 25°C (50.21 V Trf 58.45%). Este último a su vez, fue diferente y superior al obtenido en 35°C (0%).

La diferencia entre los resultados de semillas escarificadas germinadas a 15 y 25°C, deja de presentarse en los días 3 y 4, cuando las semillas incubadas a 25°C alcanzan porcentajes de germinación semejantes a los obtenidos en 15°C (79.48 V Trf 96.6%).

En los días 3 y 4, se observa un leve incremento en la germinación de las semillas no-escarificadas, que no rebasó el 11.05 V Trf= 4%, sin diferencias entre temperaturas.

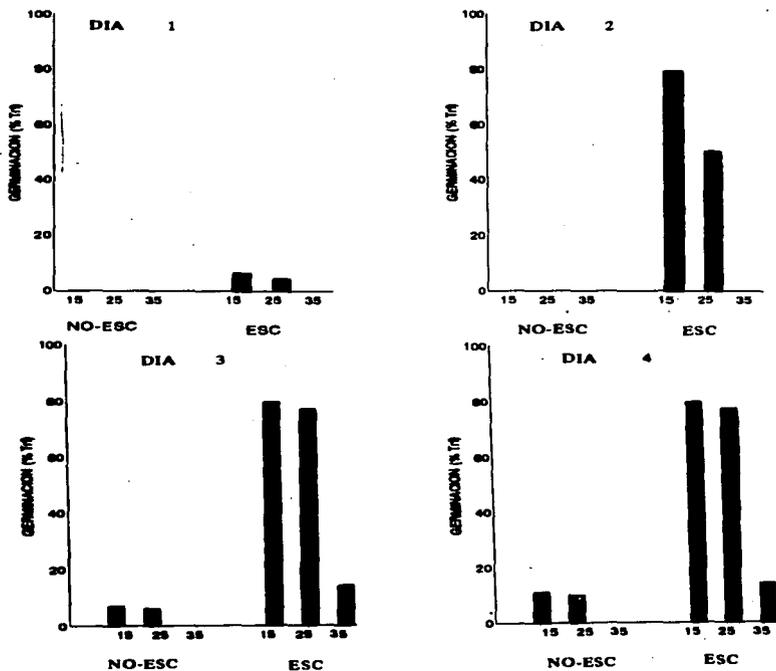


Figura A.1. Germinación por día (días 1, 2, 3 y 4), de semillas recién cosechadas, escarificadas y no-escarificadas, incubadas a 15°C, 25°C y 35°C.



El modelo final es:

$$Y_{ijklkr} = \mu + a_i + b_j + c_k + Q_{m(k)} + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + C_{r(ijkm)}$$

$i = 1, 2, 3$       Temperatura de Almacenamiento  
 $j = 1, 2$         Escarificación  
 $k = 1, 2,$         Temperatura de Germinación  
 $m = 1$             Factores aleatorios en que difieren las cámaras de germinación con temperatura controlada  
 $r = 1, 2, 3, 4$     Repeticiones dentro de tratamiento

$Y_{ijklkr}$       Es la variable de respuesta y representa el porcentaje de germinación transformado del lote de semillas registrado en la  $r$ -ésima repetición, puesto a germinar a la  $k$ -ésima temperatura de germinación, bajo la  $j$ -ésima condición de escarificación y que previamente se había mantenido por 6 meses en la  $i$ -ésima temperatura de almacenamiento.

$\mu$               Representa la media general de las observaciones.

$a_i$              Representa el efecto marginal producido por la  $i$ -ésima temperatura de almacenamiento sobre la variable de respuesta.

$b_j$              Representa el efecto marginal producido por la  $j$ -ésima condición de escarificación sobre la variable de respuesta.

$c_k$              Representa el efecto marginal producido por la  $k$ -ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta.

$Q_{m(k)}$         Representa los factores aleatorios, error de restricción, en que difieren las cámaras de temperatura controlada para la germinación de las semillas previamente almacenadas.

$(ab)_{ij}$         Representa el efecto de interacción de la  $i$ -ésima temperatura de almacenamiento y de la  $j$ -ésima condición de escarificación, sobre la variable de respuesta (interacción por pareja).

$(ac)_{ik}$         Representa el efecto de interacción de la  $i$ -ésima temperatura de almacenamiento y de la  $k$ -ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta (interacción por pareja).

$(bc)_{jk}$         Representa el efecto de interacción de la  $j$ -ésima condición de escarificación y de la  $k$ -ésima temperatura de germinación sobre la variable de respuesta (interacción por pareja).

- (abc)<sub>ijk</sub> Representa el efecto de interacción triple de la i-ésima temperatura de almacenamiento, con la j-ésima condición de escarificación y la k-ésima temperatura de germinación, sobre la variable de respuesta.
- $C_{r(ijka)}$  Representa un término de error aleatorio o variabilidad que está asociado a las condiciones no controladas del experimento. Está dado por los factores aleatorios entre las cajas Petri, con semillas escarificadas y no-escarificadas, expuestas a la temperatura de germinación  $k$ , dentro de las cámaras de temperatura de germinación  $a$ , de las semillas previamente almacenadas en la temperatura de almacenamiento  $i$ .

El primer paso del análisis consistió en obtener el A. de V. de los datos registrados cada día, para conocer el valor de los Cuadrados Medios (= CM) y los Grados de Libertad (= GL) de los factores. Además, de acuerdo al modelo con errores de restricción, se obtienen las Esperanzas de los Cuadrados Medios y se aprecian las razones de F que se pueden construir, para las hipótesis de interés.

El procedimiento teórico para hacer el análisis estadístico sobre todos los efectos, se basa en valorar si los errores de restricción (factores de confusión) son poco importantes.

Así, aunque la hipótesis nula  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  (equivalente a  $H_0: \sigma_{TCara}^2 = 0$ ) no se puede probar, la hipótesis nula  $H_0: \sigma_0^2 + \sigma_{TCara}^2 = 0$ , si se logra establecer por medio del cálculo de la "F" que resulta de la razón de Cuadrados Medios, dividiendo el CM de cada uno de los factores, con el CM del Error:

$$F = \frac{CM_{Factor}}{CM_{Error}}$$

Si una "F" es significativa, procede la prueba de Tukey y/o los contrastes.

Si una "F" no es significativa, se concluye la ausencia de efecto de los factores.

Se aplican pruebas de "t" para aquellas comparaciones entre dos promedios dentro de otros factores.

Se trazaron gráficas de los resultados.

Para el análisis estadístico se utilizaron los programas STATGRAPHICS versión 2.1 y el programa SAS versión 6.1.

### B.2.1. ANALISIS PARA LA GERMINACION EN LOS DIAS 2, 3, 4 Y 5

Los A. de V. para la germinación a 15 y 25°C, de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, mostraron a través de la distribución de F, que existe una influencia significativa de la interacción triple TAlm \* Esc \* TGerm en los registros realizados en el día 2 (Fc: 44.32 AS) (Cuadro B.1) y día 3 (Fc: 15.42 AS) (Cuadro B.2).

Cuadro B.1. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación a 15 y 25°C de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, registrado en el Día 2.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F
TAlm	2	472.645	$\sigma^2 + 16\sigma_{TAlm}^2$	12.89 AS
Esc	1	415.52	$\sigma^2 + 24\sigma_{Esc}^2$	11.33 AS
TAlm * Esc	2	1625.645	$\sigma^2 + 12\sigma_{TAlm*Esc}^2$	44.32 AS
TGerm	1	42781.02	$\sigma^2 + 24\sigma_{TGerm}^2 + 24\sigma_{TAlm*Esc*TGerm}^2$	
E R Q	0		$\sigma^2 + 24\sigma_Q^2$	
TAlm*TGerm	2	472.645	$\sigma^2 + 8\sigma_{TAlm*TGerm}^2$	12.89 AS
Esc * TGerm	1	4125.52	$\sigma^2 + 12\sigma_{Esc*TGerm}^2$	112.47 AS
TAlm*Esc*TGerm	2	1625.52	$\sigma^2 + 4\sigma_{TAlm*Esc*TGerm}^2$	44.32 AS
Error	36	36.68	$\sigma^2$	
Total	47			

$$\begin{aligned}
 F: \text{ TAlm} &= 472.645 / 36.68 = 12.89 \\
 F: \text{ Esc} &= 415.52 / 36.68 = 11.33 \\
 F: \text{ TAlm * Esc} &= 1625.645 / 36.68 = 44.32 \\
 F: \text{ TAlm * TGerm} &= 472.645 / 36.68 = 12.89 \\
 F: \text{ Esc * TGerm} &= 4125.52 / 36.68 = 112.47 \\
 F: \text{ TAlm * Esc * TGerm} &= 1625.52 / 36.68 = 44.32
 \end{aligned}$$

Cuadro B.2. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación a 15 y 25°C de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, registrado en el Día 3.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F
TAlm	2	2707.89	$\sigma^2 + 16\sigma^2_{TAlm}$	41.60 AS
Esc	1	9380.02	$\sigma^2 + 24\sigma^2_{Esc}$	144.11 AS
TAlm * Esc	2	2978.14	$\sigma^2 + 12\sigma^2_{TAlm*Esc}$	45.75 AS
TGerm	1	16391.02	$\sigma^2 + 24\sigma^2_{TGerm} + 24\sigma^2_{TAlm*Esc}$	
E R Q	0		$\sigma^2 + 24\sigma^2_Q$	
TAlm*TGerm	2	426.27	$\sigma^2 + 8\sigma^2_{TAlm*TGerm}$	6.55 AS
Esc * TGerm	1	638.02	$\sigma^2 + 12\sigma^2_{Esc*TGerm}$	9.80 AS
TAlm*Esc*TGerm	2	1003.77	$\sigma^2 + 4\sigma^2_{TAlm*Esc*TGerm}$	15.42 AS
Error	36	65.09	$\sigma^2$	
Total	47			

$$\begin{aligned}
 F: TAlm &= 2707.89 / 65.09 = 41.60 \\
 F: Esc &= 9380.02 / 65.09 = 144.11 \\
 F: TAlm * Esc &= 2978.14 / 65.09 = 45.75 \\
 F: TAlm * TGerm &= 426.27 / 65.09 = 6.55 \\
 F: Esc * TGerm &= 638.02 / 65.09 = 9.80 \\
 F: TAlm * Esc * TGerm &= 1003.77 / 65.09 = 15.42
 \end{aligned}$$

Así, se procedió a trazar las gráficas correspondientes (Figura B.1 a y B.1 b)

Se aplicó la prueba de Tukey para establecer diferencias entre los puntos de una misma curva.

Se hicieron pruebas de "t" para verificar la existencia de diferencias entre los puntos de las distintas curvas.

Día 2

Interacción TAlm \* Esc \* TGerm

DMSH Tukey:  $\frac{0.05}{36 \text{ d.l.}}$  y 3 medias  $\sqrt{VCE/\text{No de datos p. calc. la x}}$

: 3.4598  $\sqrt{VCE/\text{No de datos p. calc. la x}}$

: 3.4598  $\sqrt{36.68/4} = 10.48$

DMSH Tukey: 10.48

En la Temperatura de Germinación de 15°C, no hubo respuesta. Todos los datos y sus medias, son iguales a cero.

Para la temperatura de germinación de 25°C, los resultados son los siguientes (Cuadro 2.3):

Cuadro B.3. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* Esc \* TGerm del día 2, a la temperatura de germinación de 25°C, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento de 15, 25 y 35°C, en cada nivel de escarificación.

TGerm	Esc	TAlm		TGerm	Esc	TAlm	
25	E	15	= 90.00	a	25	NE	15 = 6.46 a'
25	E	25	= 69.38	b	25	NE	25 = 52.28 b'
25	E	35	= 75.37	b	25	NE	35 = 64.49 c'

Prueba de "t":

$$"t"_{\text{cal}} = \frac{\bar{y}_{1j} - \bar{y}_{2j}}{\sqrt{VCE/\text{No Rep}}}$$

para comparar la respuesta entre semillas Esc (=E) y No-Esc (=NE) dentro de cada temperatura de Alm.

"t" tablas= 1.697 (Cuadro 2.4)

Cuadro B.4. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* Esc \* TGerm del día 2, a la temperatura de germinación de 25°C, que comparan la respuesta de semillas escarificadas y no-escarificadas, en cada temperatura de almacenamiento.

D	TA	TG	E	NE	
2	15	25	:(90 - 6.46)/	$\sqrt{2(36.68)/4}$	= 83.54/4.28 = 19.52 > tt AS
2	25	25	:(69.39 - 52.28)/	$\sqrt{2(36.68)/4}$	= 17.11/4.28 = 3.99 > tt AS
2	35	25	:(75.37 - 64.49)/	$\sqrt{2(36.68)/4}$	= 10.88/4.28 = 2.54 > tt AS

Día 3

Interacción TAlm \* Esc \* TGerm

DMSH Tukey:  $3.4598 \sqrt{65.09/4} = 3.4598 (4.03) = 13.95$  (Cuadro B.5).

Cuadro B.5. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* Esc \* TGerm del día 3, a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento de 15, 25 y 35°C, en cada nivel de escarificación.

TGerm Esc Alm			TGerm Esc Alm		
15	E	15 = 34.93 a	15	NE	15 = 0.00 a'
15	E	25 = 45.00 a	15	NE	25 = 34.34 b'
15	E	35 = 39.35 a	15	NE	35 = 23.21 b'
25	E	15 = 90.00 a	25	NE	15 = 6.46 a'
25	E	25 = 80.78 a	25	NE	25 = 60.86 b'
25	E	35 = 81.07 a	25	NE	35 = 78.93 b'

Prueba de "t":

$$"t"_{cal} = \frac{\bar{y}_{1j} - \bar{y}_{2j}}{\sqrt{MS_{E/No Rep}}}$$

para comparar la respuesta entre semillas Esc (=E) y No-Esc (=NE) (Cuadro B.6)

Cuadro B.6. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* Esc \* TGerm del día 3, a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, que comparan la respuesta de semillas escarificadas y no-escarificadas, en cada temperatura de almacenamiento.

D	TA	TG	E	NE				
3	15	15	:(34.93 - 0.00)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 34.93/5.7 =	6.13	>	tt AS
3	25	15	:(45.00 - 34.34)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 10.66/5.7 =	1.87	>	tt S
3	35	15	:(39.35 - 23.21)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 16.14/5.7 =	2.83	>	tt AS
D	TA	TG	E	NE				
3	15	25	:(90.00 - 6.46)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 83.54/5.7 =	14.66	>	tt AS
3	25	25	:(80.78 - 60.86)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 19.92/5.7 =	3.49	>	tt AS
3	35	25	:(81.07 - 78.93)/	$\sqrt{2(65.09)/4}$	= 2.15/5.7 =	0.38	<	tt NS

Los A. de V. para la germinación a 15 y 25°C, de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, mostraron para el registro del día 4 (Cuadro B.7) y para el día 5 (Cuadro B.8), a través de la distribución de F, que no hay suficientes elementos para señalar la influencia de la interacción triple (día 4 Fc: 0.62; día 5 Fc: 2.21); sin embargo, sí se encontró un efecto significativo de las interacciones dobles:

día 4	TAlm * Esc	Fc: 105.54	AS
	TAlm * TGerm	Fc: 17.47	AS
día 5	TAlm * Esc	Fc: 99.96	AS
	TAlm * TGerm	Fc: 4.61	S

Cuadro B.7. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación a 15 y 25°C de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, registrado en el Día 4.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	
TAlm	2	2739.77	$\sigma^2 + 16\sigma_{TAlm}^2$	42.8	AS
Esc	1	12870.75	$\sigma^2 + 24\sigma_{Esc}^2$	201.04	AS
TAlm * Esc	2	6756.81	$\sigma^2 + 12\sigma_{TAlm*Esc}^2$	105.54	AS
TGerm	1	4144.08	$\sigma^2 + 24\sigma_{TGerm}^2 + 24\sigma_{Q}^2$		
E R Q	0		$\sigma^2 + 24\sigma_{Q}^2$		
TAlm*TGerm	2	1114.02	$\sigma^2 + 8\sigma_{TAlm*TGerm}^2$	17.40	AS
Esc * TGerm	1	75.00	$\sigma^2 + 12\sigma_{Esc*TGerm}^2$	1.17	NS
TAlm*Esc*TGerm	2	39.81	$\sigma^2 + 4\sigma_{TAlm*Esc*TGerm}^2$	0.62	AS
Error	36	64.02	$\sigma^2$		
Total	47				

F: TAlm	=	2739.77 / 64.02 =	42.8
F: Esc	=	12870.75 / 64.02 =	201.04
F: TAlm * Esc	=	6756.81 / 64.02 =	105.54
F: TAlm * TGerm	=	1114.02 / 64.02 =	17.40
F: Esc * TGerm	=	75.00 / 64.02 =	1.17
F: TAlm * Esc * TGerm	=	39.81 / 64.02 =	0.62

Cuadro B.8. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la germinación a 15 y 25°C de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15, 25 y 35°C, registrado en el Día 5.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	F	
TAlm	2	5482.27	$\sigma^2 + 16\sigma_{TAlm}^2$	97.07	AS
Esc	1	17366.02	$\sigma^2 + 24\sigma_{Esc}^2$	309.50	AS
T-Alm * Esc	2	5609.02	$\sigma^2 + 12\sigma_{TAlm*Esc}^2$	99.96	AS
T-Germ	1	111.02	$\sigma^2 + 24\sigma_{T-Germ}^2 + 24\sigma_{T-Germ}^2$		
E R Q	0		$\sigma^2 + 24\sigma_Q^2$		
T-Alm*T-Germ	2	258.39	$\sigma^2 + 8\sigma_{TAlm*T-Germ}^2$	4.61	S
Esc * T-Germ	1	93.52	$\sigma^2 + 12\sigma_{Esc*T-Germ}^2$	1.67	NS
T-Alm*Esc*T-Germ	2	123.89	$\sigma^2 + 4\sigma_{TAlm*Esc*T-Germ}^2$	2.21	NS
Error	36	56.11	$\sigma^2$		
Total	47				

F: TAlm	=	5482.27 / 56.11 =	97.07
F: Esc	=	17366.02 / 56.11 =	309.50
F: TAlm * Esc	=	5609.02 / 56.11 =	99.96
F: TAlm * TGerm	=	258.39 / 56.11 =	4.61
F: Esc * TGerm	=	93.52 / 56.11 =	1.67
F: TAlm * Esc * TGerm	=	123.89 / 56.11 =	2.21

Así, se procedió a trazar las gráficas correspondientes (Figuras B.1 c y B.1 d).

Se aplicó la prueba de Tukey para establecer diferencias entre los puntos de una misma curva.

Se hicieron pruebas de "t" para verificar la existencia de diferencias entre los puntos de las distintas curvas.

#### Día 4

Interacción TAlm \* Esc

DMSH Tukey =  $Q_{36,1}^{0.05}$  y 3 medias  $\sqrt{CM/No \text{ de datos p. calc } x}$

$$= 3.4598 \sqrt{64.02/8} = 3.4598(2.83) = 9.79 \quad (\text{Cuadro B.9})$$

Cuadro B.9. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* Esc, del día 4, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento de 15, 25 y 35°C, en cada nivel de escarificación.

TAlm Esc		TAlm Esc	
15	E = 81.47 a	15	NE = 3.23 a'
25	E = 78.17 a	25	NE = 57.05 b'
35	E = 60.59 b	35	NE = 61.78 b'

"t" cal:  $\frac{\bar{y}_{11} - \bar{y}_{21}}{\sqrt{CME/No\ Rep}}$  para comparar la respuesta entre semillas Esc (=E) y No-Esc (=NE)

"t" Tablas = 1.6853 (Cuadro B.10)

Cuadro B.10. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* Esc, del día 4, que comparan la respuesta de semillas escarificadas y no-escarificadas, en cada temperatura de almacenamiento.

TAlm	Esc	
15	E-NE	: (81.47 - 3.23) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 74.24/4 = 19.56 > tt AS
25	E-NE	: (78.17 - 57.05) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 21.12/4 = 5.28 > tt AS
35	E-NE	: (61.78 - 60.59) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 1.19/4 = 0.29 < tt NS

Día 4

Interacción TAlm \* TGerm

DMSH Tukey =  $Q_{36CL}^{0.05}$  y 2 medias  $\sqrt{CME/No\ de\ datos\ p.\ cal\ x}$

= 2.878  $\sqrt{64.02/8}$  = 2.878(2.83) = 8.14 (Cuadro B.11)

Cuadro B.11. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* TGerm del día 4, que comparan la respuesta a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, en cada una de las 3 temperaturas de almacenamiento.

TAlm	TGerm	
15°C	15°C	36.47 a
	25°C	48.23 b
25°C	15°C	64.39 a'
	25°C	70.82 a'
35°C	15°C	42.37 a''
	25°C	79.99 b''

"t" cal:  $\frac{\bar{y}_{1k} - \bar{y}_{2k}}{\sqrt{2CME/No\ Rep}}$  para comparar la respuesta entre  
 semillas Germinadas a 15 y 25°C  
 "t" Tablas = 1.6853 (Cuadro B.12)

Cuadro B.12. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* TGerm del día 4, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento de 15, 25 y 35°C, en cada temperatura de germinación (15 y 25°C).

TGerm	TAlm	
15	35-25: (42.37 - 64.39) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 22.02/4 = 5.51 > tt	AS
15	35-15: (42.37 - 36.47) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 5.9/4 = 1.48 < tt	NS
15	25-15: (64.39 - 36.47) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 27.92/4 = 6.98 > tt	AS
25	35-25: (79.99 - 70.82) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 9.17/4 = 2.29 > tt	S
25	35-15: (79.99 - 48.23) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 31.76/4 = 7.94 > tt	AS
25	25-15: (70.82 - 48.23) / $\sqrt{2(64.02)/8}$ = 22.59/4 = 5.64 > tt	AS

Día 5

. Interacción TAlm \* Esc

DMSH Tukey =  $Q_{36GL}^{0.05}$  y 3 medias  $\sqrt{CME/No}$  de datos p. calc x

$$= 3.4598 \sqrt{66.11/8} = 3.4598(2.65) = 9.16 \text{ (Cuadro B.13)}$$

Cuadro B.13. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* Esc del día 5, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento de 15, 25 y 35°C, en cada nivel de escarificación.

TAlm	Esc	TAlm	Esc
15	E = 83.89 a	15	NE = 3.23 a'
25	E = 85.40 a	25	NE = 62.30 b'
35	E = 82.05 a	35	NE = 72.0 b'

"t" cal:  $\frac{\bar{y}_{1j} - \bar{y}_{2j}}{\sqrt{V_{CNE}/No\ Rep}}$  para comparar la respuesta entre  
 semillas Esc (=E) y No-Esc (=NE)  
 "t" Tablas = 1.6853 (Cuadro B.14)

Cuadro B.14. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* Esc del día 5, que comparan la respuesta de semillas esscarificadas y no-esscarificadas, en cada temperatura de almacenamiento.

TAlm	Esc	
15	E-NE	: (83.89 - 3.23) / $\sqrt{2(56.11)/8}$ = 80.66/3.74 = 21.54 > t <sub>t</sub> AS
25	E-NE	: (85.40 - 62.30) / $\sqrt{2(56.11)/8}$ = 23.10/3.74 = 6.17 > t <sub>t</sub> AS
35	E-NE	: (82.38 - 72.00) / $\sqrt{2(56.11)/8}$ = 10.30/3.74 = 2.75 > t <sub>t</sub> AS

Día 5

Interacción TAlm \* TGerm

DMSH Tukey =  $Q_{0.05}^{0.05}_{366L}$  y 2 medias  $\sqrt{V_{CNE}/No\ de\ datos\ p.\ calc\ x}$

$$= 2.878 \sqrt{56.11/8} = (2.878)(2.65) = 7.62 \quad (\text{Cuadro B.15})$$

Cuadro B.15. Pruebas de Tukey correspondientes a la interacción TAlm \* TGerm del día 5, que comparan la respuesta a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, en cada una de las 3 temperaturas de almacenamiento.

TAlm	TGerm	
15°C	15°C	38.89 a
	25°C	48.23 b
25°	15°C	76.88 a'
	25°C	70.82 a'
35°	15°C	74.26 a''
	25°C	80.00 a''

$$"t"_{\text{cal}} = \frac{\bar{y}_{1k} - \bar{y}_{2k}}{\sqrt{2SME/\text{No Rep}}}$$

para comparar la respuesta entre  
semillas Germinadas a 15 y 25°C

"t" Tablas = 1.6853

(Cuadro B.16)

Cuadro B.16. Pruebas de "t" correspondientes a la interacción TAlm \* TGerm del día 5, que comparan la respuesta a las temperaturas de almacenamiento, en cada temperatura de germinación.

TGerm	TAlm					
15	35-25:	(76.88 - 74.26)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	2.62/3.74	= 0.69 < tt NS
15	35-15:	(76.88 - 38.89)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	37.99/3.74	= 10.14 > tt AS
15	25-15:	(74.26 - 38.89)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	35.37/3.74	= 9.44 > tt AS
25	35-25:	(80.00 - 70.82)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	0.82/3.74	= 0.22 < tt NS
25	35-15:	(80.00 - 48.23)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	31.77/3.74	= 8.48 > tt AS
25	25-15:	(70.82 - 48.23)	$\sqrt{2(56.11)/8}$	=	22.59/3.74	= 6.03 > tt AS

Tomando como base la comprobación de la ausencia de una influencia de las cámaras de ambiente controlado, sobre la germinación de las semillas, se hicieron las comparaciones entre las respuestas obtenidas a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, a través de Pruebas de Tukey. Los resultados se muestran a continuación.

Pruebas de Tukey, para comparar el efecto de la **Temperatura**, para cada condición de escarificación, de semillas almacenadas a 15, 25 y 35°C.

En el día 2 no se aplicó la prueba, porque no hubo germinación a la temperatura de 15°C.

En el día 3, los resultados son los siguientes:

DMSH Tukey:  $Q_{36}^{0.05}$  y 2 medias  $\sqrt{CNE/No. \text{ de datos para calcular la } x}$

$$2.878 \sqrt{65.09/4} = (2.878)(4.03) = 11.6 \text{ (Cuadro B.17)}$$

Cuadro B.17. Pruebas de Tukey que comparan en el día 3, la respuesta obtenida a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, en cada nivel de escarificación y en cada temperatura de almacenamiento.

Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf
E 15°C 15°C 34.93 a	E 25°C 15°C 45.0 a	E 35°C 15°C 39.35 a
E 15°C 25°C 90.0 b	E 25°C 25°C 80.78 b	E 35°C 25°C 81.07 b
NE 15°C 15°C 0.0 a	NE 25°C 15°C 34.34 a	NE 35°C 15°C 23.21 a
NE 15°C 25°C 6.46 a	NE 25°C 25°C 60.86 b	NE 35°C 25°C 78.93 b

En el día 4, los resultados son los siguientes:

DMSH Tukey:  $Q_{36}^{0.05}$  y 2 medias  $\sqrt{CNE/No. \text{ de datos para calcular la } x}$

$$2.878 \sqrt{64.02/4} = (2.878)(4) = 11.5 \text{ (Cuadro B.18)}$$

Cuadro B.18. Pruebas de Tukey que comparan en el día 4, la respuesta obtenida a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, en cada nivel de escarificación y en cada temperatura de almacenamiento.

Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf
E 15°C 15°C 72.94 a	E 25°C 15°C 75.55 a	E 35°C 15°C 40.11 a
E 15°C 25°C 90.0 b	E 25°C 25°C 80.78 a	E 35°C 25°C 81.07 b
NE 15°C 15°C 0.0 a	NE 25°C 15°C 53.23 a	NE 35°C 15°C 44.63 a
NE 15°C 25°C 6.46 a	NE 25°C 25°C 60.86 a	NE 35°C 25°C 78.93 b

En el día 5, los resultados son los siguientes:

DMSH Tukey:  $Q_{36}^{0.05}$  y 2 medias  $\sqrt{CME/No.}$  de datos para calcular la  $\bar{x}$

$$2.878 \sqrt{66.11/4} = (2.878)(3.75) = 10.78 \quad (\text{Cuadro B.19})$$

Cuadro B.19. Pruebas de Tukey que comparan en el día 5, la respuesta obtenida a las temperaturas de germinación de 15 y 25°C, en cada nivel de escarificación y en cada temperatura de almacenamiento.

Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf	Esc TAlm TGer V Trf
E 15°C 15°C 77.77 a	E 25°C 15°C 90.0 a	E 35°C 15°C 83.54 a
E 15°C 25°C 90.0 b	E 25°C 25°C 80.78 a	E 35°C 25°C 81.07 a
NE 15°C 15°C 0.0 a	NE 25°C 15°C 63.75 a	NE 35°C 15°C 64.98 a
NE 15°C 25°C 6.46 a	NE 25°C 25°C 60.86 a	NE 35°C 25°C 78.93 b

#### COMENTARIOS.

##### Día 2.

Fue significativa la interacción TAlm \* Esc \* TGerm.

Los resultados obtenidos en el día 2, muestran que en la temperatura de germinación de 15°C, no hubo respuesta de las semillas.

En cambio a la temperatura de germinación de 25°C, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Semillas Escarificadas.** Aquellas previamente almacenadas a 15°C, alcanzaron porcentajes de germinación mayores (90 V Trf =100%) que las almacenadas a 25°C (69.38 V Trf= 87.5% ) y a 35°C (75.37 V Trf= 91.25%).

- **Semillas No-escarificadas.** Aquellas almacenadas a 15°C, germinaron menos (6.46V Trf= 2.5%) que las almacenadas a 25°C (52.28 V Trf= 62.5%) y éstas a su vez germinaron en menor proporción que las almacenadas a 35°C (64.49 V Trf= 78.75%).

En los tratamientos del día 2 con semillas incubadas a 25°C, la germinación de semillas escarificadas fue mayor que la alcanzada por las semillas no-escarificadas.

En cuanto a las temperaturas de almacenamiento, se aprecia que a 25 y 35°C, se logró promover la ruptura de la latencia en una mayor proporción de semillas no-escarificadas, respecto a la temperatura de 15°C; cabe aclarar que en este día 2, la temperatura de almacenamiento de 35°C fue más efectiva que la de 25°C, en eliminar la barrera de impermeabilidad impuesta por la testa.

Es evidente que la temperatura de germinación de 25°C, fue favorable para la respuesta de las semillas, a diferencia de la temperatura de 15°C, donde no se presentó germinación.

#### Día 3

Fue significativa la interacción TAlm \* Esc \* TGerm.

A la temperatura de germinación de 15°C, se presentó lo siguiente:

- Semillas Escarificadas. No se encontraron diferencias significativas en la respuesta de germinación de semillas que previamente se habían almacenado a 15°C (39.35), 25°C (45) y 35°C (39.35).
- Semillas No-escarificadas. Las semillas almacenadas a 15°C no germinaron; en cambio sí se obtuvo una respuesta mayor en aquellas previamente almacenadas a 25°C (34.34) y a 35°C (23.21), sin diferencias significativas entre ellas.

A la temperatura de germinación de 25°C, se detectó lo siguiente:

- Semillas Escarificadas. No se encontraron diferencias significativas en la respuesta de germinación de semillas que previamente se habían almacenado a 15° (90), 25° (80.78) y 35°C (81.07).
- Semillas No-escarificadas. Las semillas almacenadas a 15°C, tuvieron un porcentaje de germinación bajo (6.46), el cual fue menor a los porcentajes de germinación de semillas almacenadas a 25°C (60.86) y a 35°C (78.93), que no mostraron diferencias entre sí.

En el día 3, los tratamientos con semillas germinadas a 15°C mostraron mayores porcentajes de germinación con semillas escarificadas, que con no-escarificadas. Por su parte, las semillas germinadas a 25°C, también tuvieron mayores porcentajes de germinación con semillas escarificadas, que previamente se habían almacenado a 15 y 25°C; sin embargo, los porcentajes de germinación entre semillas escarificadas y no-escarificadas, no mostraron diferencias cuando éstas se habían almacenado a 35°C.

Las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35°C favorecieron de manera similar, un incremento en el porcentaje de germinación de semillas no-escarificadas, lo cual no sucedió con las semillas almacenadas a 15°C.

Aunque el análisis estadístico no compara las temperaturas de germinación, se puede observar una mayor proporción de semillas germinadas a la temperatura de 25°C, que a 15°C.

#### Día 4

Dado que en el día 4 las interacciones con efecto significativo fueron TAlm \* Esc y TAlm \* TGerm, la siguiente descripción se agrupa de acuerdo a cada una de ellas:

#### TAlm \* Esc

- Las semillas escarificadas germinan mejor al haberse almacenado a 15°C (81.47V Trf= 95.62%) y a 25°C (78.17 V Trf= 94.25%), sin diferencias significativas entre ellas, respecto a las almacenadas a 35°C (60.59 V Trf= 68.38%).

- Las semillas no-escarificadas germinan mejor al haberse almacenado a 25°C (57.05 V Trf= 70%) y a 35°C (61.78 V Trf= 72.5%), sin diferencias significativas entre ambas, que aquellas almacenadas a 15°C (3.23 V Trf= 1.25%)

Ello significa que las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35°C empleadas en este experimento, promovieron la ruptura de la latencia; pero la temperatura baja de 15°C mantuvo latentes a las semillas.

En este día coinciden los porcentajes de germinación obtenidos por semillas escarificadas y no-escarificadas que se habían almacenado a 35°C, lo que refleja que con el almacenamiento a 35°C por 6 meses, ya no importó escarificar o no escarificar.

Se aprecia que en la temperatura de almacenamiento de 35°C, las semillas escarificadas presentaron un retraso en la germinación, con un porcentaje menor a los alcanzados con semillas almacenadas a 15 y 25°C.

**TAlm = TGerm**

Las semillas almacenadas a 15°C, germinaron mejor a 25°C (48.23 V Trf= 51.25%) que a 15°C (36.47 V Trf = 45.62%).

Las semillas almacenadas a 25°C, germinan sin diferencias significativas a 15°C (64.39 78.63%) que a 25°C (70.82 85.63%).

Las semillas almacenadas a 35°C, germinan mejor a 25°C (79.99 V Trf= 95%) que a 15°C (42.37 V Trf = 45.88%).

Los registros de semillas almacenadas a 15 y 35°C, muestran que la temperatura de germinación de 25°C fue más favorable para su respuesta que la de 15°C. En cambio, las semillas almacenadas a la temperatura de 25°C, no mostraron diferencias en este día, al exponerlas a 15 y a 25°C para su germinación.

**Día 5**

En el día 5, también fueron significativas las interacciones TAlm \* Esc y TAlm \* TGerm, que se describen a continuación:

**TAlm \* Esc**

Las semillas escarificadas germinan sin diferencias significativas entre ellas, no importando la temperatura de almacenamiento a la que estuvieron expuestas (TAlm 15°C: 83.89 V Trf= 97%; TAlm 25°C: 85.4 V Trf= 97.5% y TAlm 35°C: 82.3 V Trf= 96.25%).

Las semillas no-escarificadas germinan mejor al haberse almacenado a 25°C (62.3 V Trf=78.13%) y a 35°C (72 V Trf= 87.5%), sin diferencias significativas entre ellas, en relación a las almacenadas a 15°C (3.23 V Trf= 1.25%)

Como en el día anterior, se resfirma que en el día 5 las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35°C empleadas en este experimento, promovieron la ruptura de la latencia; pero la temperatura baja de 15°C las mantuvo latentes.

Se obtuvieron mayores porcentajes de germinación con semillas escarificadas, sin importar la temperatura en que se hubieran almacenado.

**TAlm \* TGern**

Las semillas almacenadas a 15°C, germinaron mejor a 25°C (48.23 V Trf= 51.25%) que a 15°C (38.89 V Trf= 47%).

Las semillas almacenadas a 25°C, germinaron sin diferencias significativas a 15°C (76.88 V Trf= 90%) que a 25°C (70.82 V Trf= 85.63%).

Lo mismo sucedió con las semillas almacenadas a 35°C, que germinaron sin diferencias a 15°C (74.26 V Trf= 88.75%) y a 25°C (80 V Trf= 95%)

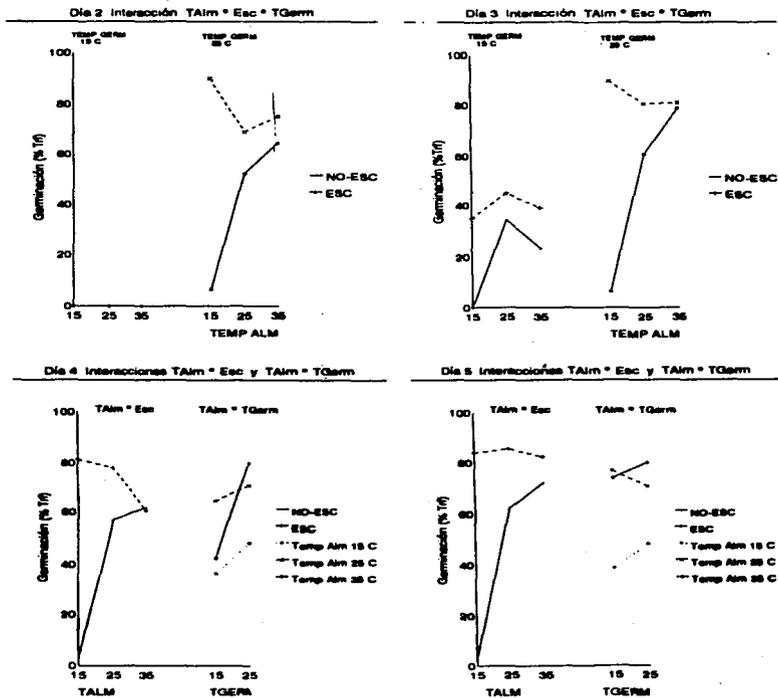


Figura B.1. Germinación por día, a 15°C y 25°C, de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15°C, 25°C y 35°C.  
 Día 2 y 3: interacción TAlm \* Esc \* TGerm.  
 Días 4 y 5: interacciones TAlm \* Esc y TAlm \* TGerm.

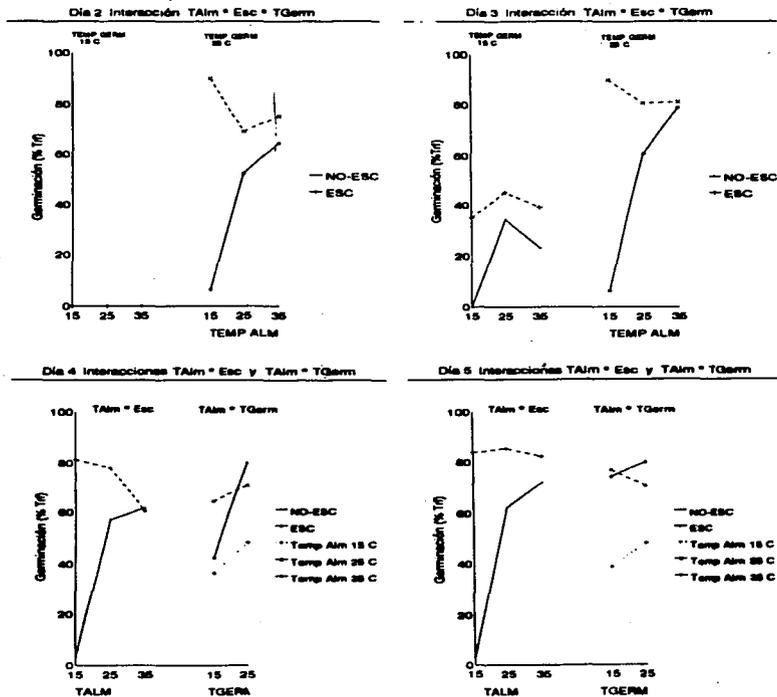


Figura B.1. Germinación por día, a 15°C y 25°C, de semillas escarificadas y no-escarificadas, previamente almacenadas a 15°C, 25°C y 35°C.

Día 2 y 3: Interacción TAlm \* Esc \* TGerm.

Días 4 y 5: Interacciones TAlm \* Esc y TAlm \* TGerm.

APENDICE C. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 3.  
GERMINACION Y DECREMENTO DE LA POBLACION EN BANCOS ENTERRADOS  
A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS

C.1. MODELO ESTADISTICO

Para los objetivos 6 y 7 (efecto de distintos niveles de enterramiento en el suelo sobre la germinación y el decremento en las semillas de los bancos, durante distintos periodos mensuales de la temporada de lluvias), la evaluación de las respuestas que originalmente se habia planteado como un experimento completamente al azar se modificó.

Dado que la distribución de las bolsas con 25 semillas se hizo en 4 pozos, colocando 2 bolsas en cada uno de ellos, ésto provocaba factores de confusión por lo que, para reforzar el análisis, se formaron conjuntos con los datos de las distintas profundidades y se consideró un experimento con un diseño anidado, para cada uno de los meses de la temporada de lluvias.

Se señala que el análisis se realizó en cada uno de los meses, porque la comparación estadística a través del tiempo, no era válida para el modelo. Esto se debió a que en cada profundidad hubo un reemplazo mensual de las semillas en las bolsas de prueba, por nuevas semillas no-germinadas provenientes de las bolsas banco. En tales condiciones, las bolsas de prueba conteniendo 25 semillas, se depositaban a la misma profundidad que la bolsa banco. Por lo tanto ya no se tenían las mismas semillas del mes anterior en una determinada bolsa de prueba.

Así, para cada mes se utilizó un modelo con 1 criterio de clasificación:

- Profundidad de enterramiento, con 4 niveles: 5, 10, 20 y 30 cm

$$y_{i,j,k} = \mu + a_i + b_{j(i)} + E_{k(i,j)}$$

i = 1, 2, 3, 4	Profundidad de enterramiento
j = 1, 2, 3, 4	Pozo dentro de tratamiento
k = 1, 2, ..., 7, 8.	Repeticiones

- $y_{ijk}$  Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado de semillas no-germinadas de un mes al siguiente, en cada lote de semillas, registrado en la  $k$ -ésima bolsa, evaluado en el  $j$ -ésimo pozo y colocado en la  $i$ -ésima profundidad.
- $\mu$  Representa la media general de las observaciones.
- $\alpha_i$  Representa el efecto marginal producido por la  $i$ -ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
- $\beta_{j(k)}$  Representa el efecto marginal producido por el  $j$ -ésimo pozo, dentro de cada tratamiento de profundidad.
- $\epsilon_{k(i,j)}$  Representa el término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento, entre bolsas de un mismo pozo. Se supone aleatorio, con distribución normal, con media cero y varianza fija positiva y desconocida, con realizaciones independientes.

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se procedió de la siguiente manera:

Se realizó el Análisis de Varianza que consideraba cada uno de los factores bajo estudio.

Si se detectaban efectos significativos de un factor, se aplicaba la prueba de Tukey con la finalidad de establecer los niveles que causaban la diferencia.

Se realizaron gráficas de los resultados obtenidos.

Para el análisis estadístico se utilizaron los programas SAS versión 6.1 y el programa STATGRAPHICS versión 2.1.

## C.2. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS, REGISTRADAS EN 4 MESES DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS

Los Análisis de Varianza para la persistencia de semillas no-germinadas, enterradas a 4 profundidades durante la temporada de lluvias, se integraron en un solo cuadro que facilita su comparación (Cuadro C.1).

Una visión global sobre los valores de las medias obtenidas en cada muestreo, permitió observar que fue en el primer mes del ensayo: Junio (Media de Junio: 46.44 V Trf= 41.96%) (Cuadro C.1) cuando se presentó el mayor decremento en el porcentaje de semillas no-germinadas que persistieron en el suelo a las 4 profundidades, respecto a los 3 meses siguientes: Julio (Media: 88.19 V Trf= 99.38%), Agosto (Media: 87.89 V Trf= 99.13%) y Septiembre (Media: 88.76 V Trf= 99.5%) (Cuadro C.1).

Enfocando la atención sobre los datos obtenidos en cada mes, los A. de V. muestran que sólo en el periodo de un mes, correspondiente al registro de Agosto, hubo diferencias significativas entre profundidades (Cuadro C.1).

Sin embargo, como el error para la valoración del efecto de profundidad, debe ser la variación de pozos dentro de profundidad [Pozo (Profundidad)], al ser este último grande, propició que no se detectara efecto de profundidad, o bien que la influencia de ésta es comparable a la variación entre pozos.

Así, a pesar de la significancia para la variabilidad entre pozos dentro de cada profundidad [Pozo (Profundidad)] para el mes de Agosto, se puede proponer que no hubo efecto de profundidad.

## C.3. ANALISIS PARA LA GERMINACION REGISTRADA EN EL PRIMER MES MUESTREADO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS (JUNIO)

El Análisis de Varianza para la germinación de las semillas enterradas a 4 profundidades durante la temporada de lluvias (Cuadro C.2), mostró que no existe suficiente evidencia para afirmar que hay influencia significativa de la profundidad, sobre la germinación de las semillas enterradas en 4 estratos del suelo (Fc: 0.94).

**Cuadro C.2. A. de V. para la germinación de las semillas enterradas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad, muestreadas en el mes de junio.**

Fuente	S.C.	GL	C.M.	F	P>1.0
Profundidad	28.71	3	9.57	0.94	NoS
Pozo(Prof)	121.96	12	10.16	0.70	NoS
Error	231.88	16	14.49		
<b>Total</b>	<b>382.55</b>	<b>31</b>			

Concretando, se aprecia que el porcentaje de semillas no-germinadas que persistieron en las 4 profundidades, no mostraron diferencias significativas de acuerdo a la profundidad en que permanecieron enterradas.

Una visión global de los 4 registros mensuales, refleja que sólo en el primer mes muestreado de la temporada de lluvias, que fue junio, hubo una reducción importante de un 40% aproximadamente, en el porcentaje de semillas no-germinadas dada por germinación de las semillas en presencia de un ambiente favorable de humedad.

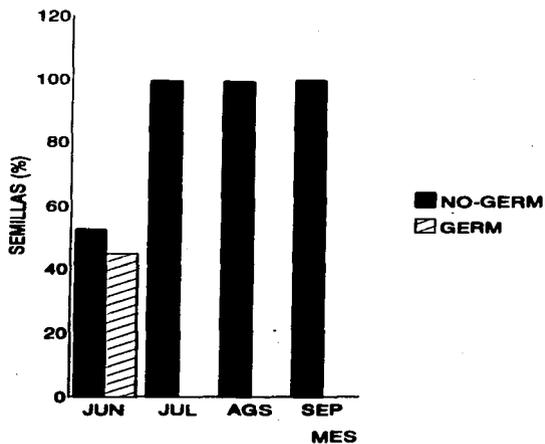
No se encontraron diferencias significativas entre las semillas germinadas a las 4 profundidades.

**Cuadro C.1. Comparación de A. de V. para los registros de semillas no-germinadas que persisten en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre**

		JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPT		
Fuente	GL	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P
Profundidad	3	219.74	0.83	No S	4.16	0.23	No S	23.31	0.44	No S	21.66	1.71	No S
Pozo (Prof)	12	264.66	2.61	0.64	16.63	0.87	0.69	63.06	9.36	0.00	12.81	0.76	0.68
Error	16	105.13			20.81			5.66			16.76		
Total	31	177.64			18.12			15.71			15.73		
Media		72.44			66.20			67.69			66.77		
R cuadrada		0.69			0.41			0.69			0.46		
C. V.		14.16			5.17			2.71			4.61		

No S : No Significativo, P > 0.10

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS Y  
REGISTRO DE SEMILLAS GERMINADAS**



**Figura C.1. Persistencia de semillas No-germinadas y registro de semillas germinadas, en 4 meses de la temporada de lluvias.**

#### C.4. RESPUESTA GLOBAL DE GERMINACION Y PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS, ENTERRADAS A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS.

##### C.4.1. MODELO ESTADISTICO.

La respuesta global que tuvieron mensualmente las semillas enterradas en las 4 distintas profundidades, permite conocer el comportamiento de las poblaciones ubicadas en distintos niveles del suelo. Ello complementaba la información obtenida con lotes cuyo tamaño de muestra era fijo (25 semillas).

Así, se evaluó conjuntamente la influencia de los factores mes y profundidad, sobre la germinación por una parte y sobre la persistencia de semillas no-germinadas por otra:

- Mes de muestreo, con 5 niveles: mayo, junio, julio, agosto y septiembre.
- Profundidad de enterramiento, con 4 niveles: 5, 10, 20 y 30 cm.

Se utilizó un modelo factorial 5 x 4:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + E_{k(ij)}$$

- $i = 1, 2, 3, 4$  y  $5$  Mes de muestreo, de mayo a septiembre
- $j = 1, 2, 3$  y  $4$  Profundidad de enterramiento: 5, 10, 20 y 30 cm
- $k = 1, 2, 3$  y  $4$  Repeticiones

- $Y_{ijk}$  Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado de semillas no-germinadas o germinadas, en el  $i$ -ésimo mes, de semillas colocadas en la  $i$ -ésima profundidad.
- $\mu$  Representa la media general de las observaciones.
- $a_i$  Representa el efecto marginal producido por el  $i$ -ésimo mes, sobre la variable de respuesta.
- $b_j$  Representa el efecto marginal producido por la  $j$ -ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
- $(ab)_{ij}$  Representa el efecto de interacción del  $i$ -ésimo mes de muestreo y de la  $j$ -ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
- $E_{k(ij)}$  Representa el término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento.

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se procedió de la siguiente manera:

Se realizó el Análisis de Varianza que consideraba cada uno de los factores bajo estudio. Primero se estableció la significancia del término de interacción. Si resultaba significativa se aplicaba la Prueba de Rango Múltiple para conocer los niveles que causaban la diferencia. Si no resultaba significativa, se establecía en la misma tabla, la significancia de los efectos marginales de los 2 factores.

#### C.4.2. ANALISIS PARA LA RESPUESTA GLOBAL DE GERMINACION Y PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS, ENTERRADAS A 4 PROFUNDIDADES EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS.

##### C.4.2.1. ANALISIS PARA LA RESPUESTA GLOBAL DE PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS.

El análisis estadístico global de la influencia de los factores mes y profundidad sobre la persistencia de semillas no-germinadas, mostró a través de la distribución de F, que no hay suficiente evidencia de la interacción de los factores mes y profundidad: Fc: 0.642, Nivel de Significancia: 0.7975 (Cuadro C.3).

Cuadro C.3. A. de V. para la persistencia de semillas no-germinadas, enterradas a 4 profundidades y muestreadas en 5 meses de la temporada de lluvias.

Fuente	S. C.	GL	C. M.	F	Niv. Sign.
Mes	1492.52	4	373.130	50.704	0.0001
Profundidad	77.09	3	25.69	3.492	0.0210
Mes * Profund	56.72	12	4.72	0.642	0.7975
Error	441.54	60	7.359		
Total	2067.88	79			

Al observar los efectos marginales de cada factor, se encontró una influencia altamente significativa del factor mes (Fc: 50.704, Niv. Sign.: 0.0001) y una influencia significativa del factor profundidad (Fc: 3.492, Niv Sign.: 0.0210).

A través del Análisis de Rango Múltiple (Tukey) (Cuadro C.4), se logró distinguir una mayor persistencia de semillas no-germinadas en el mes de mayo (53.73% Transformado), respecto al resto de los meses, entre los cuales

no hubo diferencias.

Cuadro C.4. Análisis de Rango Múltiple para la persistencia de semillas no-germinadas, muestreadas en 5 meses de la temporada de lluvias.

Método: Tukey		
Nivel	Promedio (% Transf.)	Homog de Grupos
Septiembre	42.73	*
Agosto	42.73	*
Julio	42.79	*
Junio	43.63	*
Mayo	53.73	*

Respecto al factor profundidad, el Análisis de Rango Múltiple (Tukey) (Cuadro C.5), mostró que no hay diferencias significativas en la persistencia de semillas no-germinadas, de acuerdo a la profundidad en que permanecieron enterradas.

Cuadro C.5. Análisis de Rango Múltiple para la persistencia de semillas no-germinadas, enterradas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad

Método: Tukey		
Nivel	Promedio (% Transf.)	Homog de Grupos
5 cm	43.78	*
10 cm	44.58	*
20 cm	46.04	*
30 cm	46.08	*

Aunque no se encontraron diferencias significativas respecto al factor profundidad, se aprecia una tendencia a mantener un menor número de semillas no-germinadas en los niveles más superficiales.

En el análisis de éstos datos, resalta una mayor variación en la persistencia de semillas no-germinadas registrada a 5 cm, con errores estandar que van de 1.16 a 4.81 en los 5 meses ensayados, a diferencia de los errores estandar derivados de las otras 3 profundidades, con un rango de 0.23 a 0.83 en los mismos meses.

#### C.4.2.2. ANALISIS PARA LA RESPUESTA GLOBAL DE GERMINACION.

El análisis estadístico global de la influencia de los factores mes y profundidad sobre la germinación de las semillas, mostró a través de la distribución de F, que no hay suficiente evidencia de la interacción de los factores mes y profundidad: Fc: 1.026, Nivel de Significancia: 0.4375 (Cuadro C.6)

Cuadro C.6. A. de V. para la germinación de semillas enterradas a 4 profundidades y muestreadas en 5 meses de la temporada de lluvias.

Fuente	S. C.	GL	C. M.	F	Niv. Sign.
Mes	2243.23	4	560.80	68.059	0.0001
Profundidad	137.38	3	45.79	5.558	0.0020
Mes * Profund	101.46	12	8.45	1.026	0.4375
Error	494.40	60	8.24		
Total	2976.48	79			

Al observar los efectos marginales de cada factor, se encontró una influencia altamente significativa de los factores mes (Fc: 68.059, Niv. Sign.: 0.0001) y profundidad (Fc: 5.558, Niv Sign.: 0.0020).

A través del Análisis de Rango Múltiple (Tukey) (Cuadro C.7), se logró distinguir una mayor germinación en el mes de mayo (3.22% Transformado), respecto al resto de los meses, entre los cuales no hubo diferencias.

Cuadro C.7. Análisis de Rango Múltiple para la germinación de semillas, muestreadas en 5 meses de la temporada de lluvias.

Método: Tukey		
Nivel	Promedio (% Transf.)	Homog de Grupos
Mayo	33.22	*
Junio	44.85	*
Julio	46.65	*
Agosto	46.89	*
Septiembre	46.89	*

Respecto al factor profundidad, el Análisis de Rango Múltiple (Tukey) (Cuadro C.8), mostró que no hay diferencias significativas en la respuesta de germinación de semillas enterradas a 10, 20 y 30 cm, ni tampoco entre las enterradas a 5 y 10 cm, pero sí se presenta mayor germinación en 5 cm que en 20 y 30 cm de profundidad.

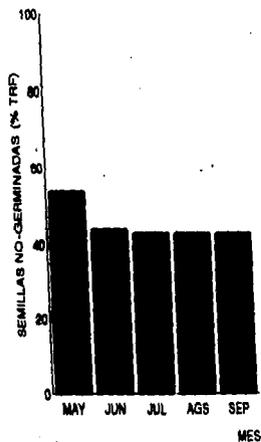
Cuadro C.8. Análisis de Rango Múltiple para la persistencia de semillas no-germinadas, enterradas a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad

Método: Tukey		
Nivel	Promedio (% Transf.)	Homog de Grupos
30 cm	42.2	.
20 cm	42.78	.
10 cm	44.4	..
5 cm	45.5	.

Se puede observar una respuesta de germinación mayor en semillas enterradas a 5 cm de profundidad y una tendencia a presentar también mayores porcentajes en aquellas ubicadas en 10 cm.

En el análisis de éstos datos, resalta una mayor variación en la respuesta de germinación registrada a 5 cm, con errores estándar que van de 1.21 a 3.77 en los 5 meses ensayados, a diferencia de los errores estándar derivados de las otras 3 profundidades, con un rango de 0.24 a 0.79 en los mismos meses.

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
EN 5 MESES DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS**



**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
EN 4 PROFUNDIDADES (EPOCA DE LLUVIAS)**

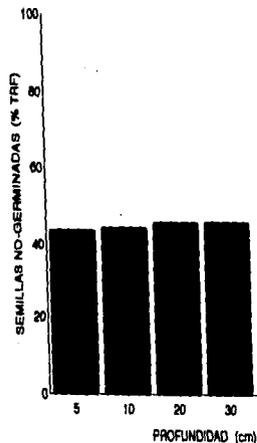


Figura C.2. Persistencia Global de semillas no-germinadas

a) por profundidad y b) por mes

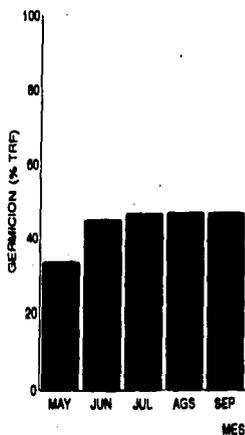
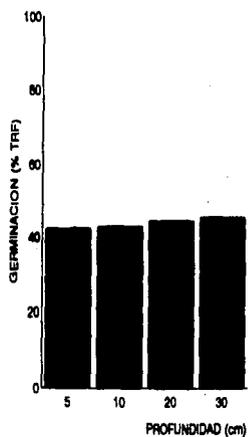
**GERMINACION DE SEMILLAS EN  
5 MESES DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS****GERMINACION DE SEMILLAS EN  
4 PROFUNDIDADES (EPOCA DE LLUVIAS)**

Figura C.3. Germinación Global Acumulada de semillas,  
a) por profundidad y b) por mes.

#### APENDICE D. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 4.

##### DISMINUCION DEL BANCO DE SEMILLAS, PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES Y GERMINACION A 2 PROFUNDIDADES Y EN 4 EPOCAS DEL AÑO

#### D.1. MODELO ESTADISTICO PARA LA DISMINUCION DEL BANCO DE SEMILLAS Y PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES

Para el objetivo 8 (efecto de la época del año sobre el porcentaje de semillas no-germinadas y latentes que persisten en el suelo a diferentes profundidades) se propuso el empleo de un modelo de análisis de varianza factorial  $2 \times 2 \times 4$ , con 3 criterios de clasificación con interacciones. Los factores son:

- Terreno con 2 niveles: de temporal y de riego
- Profundidad de enterramiento con 2 niveles: 10 y 25 cm
- Temporada del año con 4 niveles: invierno (febrero), primavera (mayo), verano (agosto) y otoño (noviembre).

El diseño del experimento en 4 épocas del año, tuvo la falla de mantener 4 bolsas en cada pozo, y para cada profundidad, las cuales en conjunto se desenterraron en cada una de las épocas elegidas. Con ello se promovió una restricción en la aleatorización, un posible efecto del sitio donde habían permanecido, con posible correlación en las unidades y por lo tanto, una falta de independencia en las observaciones.

Para reconocer en el análisis esta carencia en la aleatorización, fue necesario modificar el modelo estadístico propuesto, agregando en él, 2 términos de error de restricción:

- Uno correspondiente a los factores aleatorios en que difieren el terreno 1 y el terreno 2 :  $d_{1(i)}$
- Otro relacionado con los factores aleatorios comunes a las 4 bolsas en el terreno i, la profundidad j, la época w y el error de restricción i relativo al terreno :  $N_{n(i,j,w)}$

El modelo final es:

$$Y_{ijklwn} = \mu + T_i + d_{1(i)} + E_w + P_j + (PE)_{jw} + (TP)_{ij} + (TE)_{iw} \\ + (TPE)_{ijw} + N_{n(ijw)} + B_{k(ijwn)}$$

i = 1, 2	Tipo de terreno (riego y temporal)
j = 1, 2	Profundidad (10 y 25 cm)
k = 1, 2, 3, 4	Repetición
i = 1	Factores aleatorios en que difieren los terrenos
n = 1	Factores aleatorios en que difieren las 4 bolsas
w = 1, 2, 3, 4	Epoca del año en que se hicieron los muestreos

$Y_{ijklwn}$	Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado de semillas no-germinadas o el porcentaje transformado de semillas latentes, registrado en la i-ésima repetición, evaluado en el i-ésimo terreno, en la w-ésima época del año y colocado en la j-ésima profundidad de enterramiento.
$\mu$	Representa la media general de las observaciones.
$T_i$	Representa el efecto marginal producido por el i-ésimo terreno de cultivo, sobre la variable de respuesta.
$d_{1(i)}$	Representa los factores aleatorios en que difieren el terreno 1 y el terreno 2.
$E_w$	Representa el efecto marginal producido por la w-ésima época del año, sobre la variable de respuesta.
$P_j$	Representa el efecto marginal producido por la j-ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
$(PE)_{jw}$	Representa el efecto de interacción de la j-ésima profundidad de enterramiento y de la w-ésima época del año, sobre la variable de respuesta.
$(TP)_{ij}$	Representa el efecto de interacción del i-ésimo terreno de cultivo y de la j-ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.

- $(TE)_{iw}$  Representa el efecto de interacción del  $i$ -ésimo terreno de cultivo y de la  $w$ -ésima época del año, sobre la variable de respuesta.
- $N_{n(ijw)}$  Representa los factores aleatorios o de confusión, comunes a las 4 bolsas en el terreno  $i$ , la profundidad  $j$ , la época  $w$  y el error de restricción  $i$ , relativo al terreno.
- $E_{n(ijw)}$  Representa un término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento. Está dado por el efecto de bolsa, dentro de profundidad  $j$ , en terreno  $i$ , de época  $w$ , el error de restricción  $i$  relativo al terreno y el error relativo a las bolsas  $n$ .

A pesar de que el error de restricción no es estimable porque no hay grados de libertad disponibles para esta estimación, al incluirlo en el modelo y obtener esperanzas de cuadrados medios, se puede notar qué razones  $F$  se pueden construir y en particular las hipótesis que prueban.

El procedimiento teórico para hacer el análisis estadístico sobre todos los efectos, se basa en valorar si los errores de restricción (factores de confusión) son poco importantes, con lo que se estaría suponiendo que  $\sigma_d^2 \ll \sigma_N^2 \ll \sigma$ . Sólo tomando en cuenta esta condición, se pueden probar hipótesis sobre el efecto de todos los factores y sus interacciones.

En el análisis se canceló la inferencia sobre el efecto de terreno, por no ser conveniente su consideración debido a las diferencias de ubicación, suelo y otros factores propios de cada sitio; sin embargo, para otros efectos se consideró la posible inexistencia de algunas varianzas de interacción con terreno.

Así, para probar la nulidad del efecto de profundidad y época, y sus interacciones con el efecto de terreno, se hizo el cálculo de "F conservadoras" por medio de una razón de Cuadrados Medios, dividiendo el Cuadrado Medio de la interacción con el Cuadrado Medio más pequeño, bajo el supuesto que el efecto de dicha interacción es nulo o casi nulo.

Si la "F conservadora" es significativa, procede la prueba de Tukey y/o los contrastes.

Si la "F conservadora" no es significativa, se concluye la ausencia de efecto de los factores.

Para el análisis estadístico, se utilizaron los programas SAS versión 6.1 y SYSTAT versión 3.

De acuerdo al procedimiento de análisis propuesto en el modelo estadístico, se inicia con la respuesta de semillas no-germinadas, como una de las variables dependientes y posteriormente con la respuesta de semillas latentes, como la segunda de las variables dependientes.

#### D.1.1. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO

Se comienza con un A. de V. preliminar, donde se ignoran los errores de restricción y se toman en cuenta los factores: Terreno, con los niveles temporal y riego; Profundidad, con los niveles 10 y 25 cm; y Epocas con los niveles invierno (febrero), primavera (mayo), verano (agosto) y otoño (noviembre)(Cuadro 4.1). Este mostró que el Cuadrado Medio (= CM) más bajo fue el de la interacción Terreno \* Profundidad (58.026), incluso menor al de la interacción triple Terreno \* Profundidad \* Epoca (81.106)(Cuadro D.1).

Cuadro D.1. A. de V. preliminar para semillas no-germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, muestreadas en 4 temporadas del año, de terrenos de cultivo de temporal y de riego.

Fuente	S. C.	GL	C. M.
Terreno	1619.660	1	1619.660
Profundidad	64.481	1	64.481
Epoca	3611.744	3	1203.915
TR * PRF	58.026	1	58.026
TR * EP	3411.163	3	1137.054
PR * EP	346.112	3	115.371
TR*PR*EP	243.317	3	81.106
ERROR	423.974	48	8.833

Además, el resultado de la gráfica de la interacción Profundidad \* Terreno (Figura D.1) mostró líneas con tendencia casi paralela entre los terrenos de temporal y de riego, respecto a las semillas no-germinadas que persistieron a 10 y 25 cm de profundidad, lo que confirma la idea de la ausencia de la interacción.

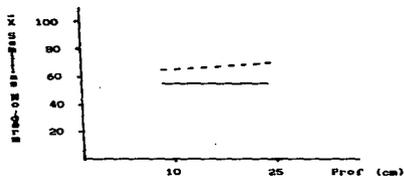


Figura D.1. Gráfica del promedio de valores transformados de la interacción Terreno \* Profundidad.

Con ello se puede proponer que la interacción Terreno \* Profundidad (TR \* PR), no es significativa y que el valor de su componente de varianza puede tomarse como cero.

El siguiente paso fue incluir los errores de restricción en el A. de V (Cuadro D.2), así como las esperanzas de los cuadrados medios correspondientes.

Al observar las Esperanzas de los Cuadrados Medios y con las consideraciones anteriores sobre la interacción TR \* PR, se logran detectar a los factores o a la interacción de los factores, que ejerzan una mayor influencia, por medio del cálculo de los valores de "F conservadoras", tomando como error el C.M. de la interacción TR \* PR:  $58.026 = 58.03$ .

Así, las F conservadoras para los factores y su interacción, fueron las siguientes:

Fuente	C.M.	CM TR*PF	F conservadora	
Profundidad	64.481 /	58.03 =	1.11	no significativo
Epoca	1203.915 /	58.03 =	20.00	significativa
PR * EP	115.371 /	58.03 =	1.98	no significativo
TR * EP	1137.054 /	58.03 =	19.59	significativa
TR * PR * EP	81.106 /	58.03 =	1.39	no significativo

Cuadro D.2. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la persistencia de semillas no-germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, muestreadas en 4 épocas del año, de terrenos de cultivo de temporal y riego.

Fuente	GL	C.M.	Esperanzas de C.M.	F conserv
Terreno	1	1619.700	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_d + 64\sigma^2_T$	No evaluar
Err. Restr d	0		$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_d$	
Profundidad	1	64.481	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_d$	1.11
Epoca	3	1203.910	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 16\sigma^2_E$	20.00
PF * EP	3	115.370	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 8\sigma^2_{PE}$	1.98
TR * PF	1	58.026	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 16\sigma^2_{TP}$ (1)	
TR * EP	3	1137.050	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 8\sigma^2_{TE}$	19.59
TR * PR * EP	3	81.106	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 4\sigma^2_{TPE}$	1.39
Err. Restr N	0		$\sigma^2 + 4\sigma^2_N$	
Bolsas	48	8.830	$\sigma^2$	
Total	63			

(1) El componente  $\sigma^2_{TP}$  se hace igual a cero en virtud de las consideraciones anteriores.

Los valores de las F conservadoras que resultaron significativos, fueron los del factor Epoca (F conservadora: 20) y de la interacción Terreno \* Epoca (F conservadora: 19.59) por lo cual se continuó el análisis solamente sobre el último de ellos.

Para la interacción Terreno \* Epoca, se procedió a obtener la DMSH con Tukey (conservadora), de la siguiente manera:

$$DMSH = Q_{4,1}^2 \sqrt{58.03/8} \quad (\text{Número de datos para obtener la } \bar{X} = 4 \text{ bolsas} \\ \text{x 2 profundidades en cada época: 8})$$

$$Q_{4,1}^2 \sqrt{7.25375} \\ 18 \times 2.6932 = 48.47$$

Se obtuvieron los promedios para los distintos niveles del factor Epoca, registrados en cada terreno y se evaluó si existían diferencias entre ellos:

Temporal * Invierno	= 90.00	A
Temporal * Primavera	= 61.91	A
Temporal * Verano	= 53.51	A
Temporal * Otoño	= 54.64	A
Riego * Invierno	= 55.46	A
Riego * Primavera	= 54.05	A
Riego * Verano	= 53.93	A
Riego * Otoño	= 56.37	A

(Medias con letras distintas, son diferentes estadísticamente)

$$\bar{x}_{\text{temporal*reg}} = 90.00 - 48.47 = 41.43.$$

La conclusión es que el valor obtenido es menor que todos los promedios, por ello se afirma que los promedios en terrenos de temporal y riego, son iguales (no muestran diferencias entre ellos).

Este análisis por Tukey indica que la interacción Terreno \* Epoca, no tiene efecto sobre la variable de respuesta.

Como no se encontraron diferencias entre parejas de tratamientos, se probó el efecto lineal, vía contrastes.

Al analizar el efecto lineal de Epoca para cada Terreno, se encontró que sí hay una influencia lineal para el Terreno de temporal, pero no para el Terreno de riego:

$$\begin{aligned} &\text{Contraste Lineal de Epocas para cada Terreno :} \\ \hat{U}_{L,T} &= -3 (90.00) - 1 (61.91) + 1 (53.51) + 3 (54.4) \\ &= - 270 - 61.91 + 53.51 + 163.92 = - 114.48 \\ \hat{U}_{L,R} &= -3 (55.46) - 1 (54.05) + 1 (53.93) + 3 (56.37) \\ &= - 166.38 - 54.05 + 53.93 + 169.11 = 2.61 \end{aligned}$$

$$EE_{UL,R} = EE_{UL,T} = \frac{\sqrt{CME \times (\text{suma de coeficientes}^2) / \text{No. de observaciones que integran cada Media}}}{}$$

$$= \frac{\sqrt{58.03 \times 20/8}}{\sqrt{145.08}} = 12.045$$

$tt = -114.48/12.045 = -9.50 \quad -9.50 = t_c > 6.31 = t_{Tablas}$   
 $\Rightarrow$  Significativo

$tr = 2.61/12.045 = 0.217 \quad 0.217 = t_c < 6.31 = t_{Tablas}$   
 $\Rightarrow$  No Significativo

Es importante aclarar que estos contrastes no muestran efectos significativos con la prueba de dos colas; sin embargo, como se espera disminución del número de semillas no-germinadas a través del tiempo, se toma en cuenta la prueba de una cola donde el valor calculado resultó ser mayor al de Tablas y con ello se puede decir que sí hay una tendencia a decrecer con el paso del tiempo para terreno de temporal, pero no así para terreno de riego (Figura D.2).

La interacción de 3 factores: TR \* PR \* EP, no resultó significativa.

De forma global, es decir considerando terreno de temporal y de riego promediados, se encuentra una tendencia lineal significativa ( $P < 0.05$ ) en el descenso del porcentaje de semillas no-germinadas, al avanzar la época.

El desglose de la figura D.2 en las gráficas de persistencia de semillas no-germinadas a 10 y 25 cm de profundidad en 4 épocas del año, para terreno de temporal y terreno de riego (Figura D.3), permite visualizar el comportamiento de las semillas en el suelo, aunque la interacción PROF \* EPOCA haya resultado no significativa.

Así, se puede apreciar que en la mayoría de los casos no existen diferencias marcadas entre los resultados obtenidos a 10 y 25 cm en ambos terrenos, por lo cual el Análisis de Varianza global indicó que no hay suficiente evidencia de influencia del factor profundidad.

Sólo en terreno de temporal, en la época de primavera, se nota un efecto importante de la profundidad, con mayor porcentaje de semillas no-germinadas en 25 cm (70.95 V Trf= 89%) que en 10 cm (52.86 V Trf= 63.5%).

**PERSISTENCIA DE SEMILLAS NO-GERMINADAS  
MUESTREADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO**

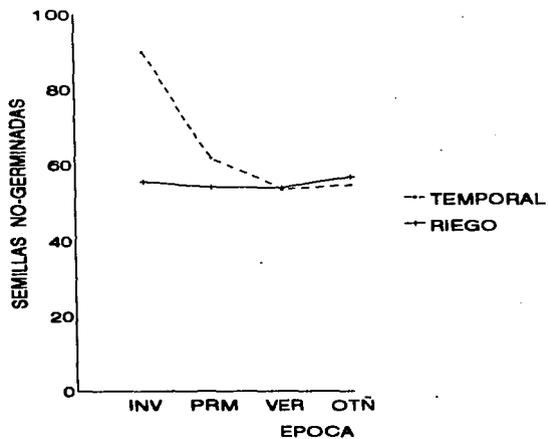


Figura D.2. Persistencia de semillas No-germinadas, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego.

**SEMILLAS NO-GERMINADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS**

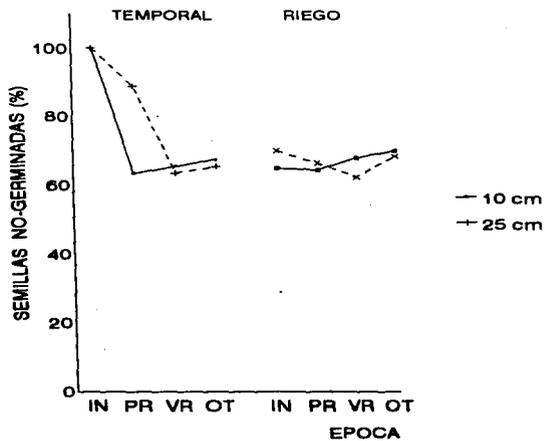


Figura D.3. Persistencia de semillas No-germinadas, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego, a 10 y 25 cm de profundidad.

**D.1.2. ANALISIS PARA LA PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES  
EN 4 EPOCAS DEL AÑO**

Se procedió de la misma manera que en el análisis de semillas no-germinadas, tomando como base el modelo estadístico con la inclusión de los términos de error de restricción.

Así, el A. de V. que ignora errores de restricción, para la persistencia de semillas latentes en 4 épocas del año y a partir de 2 profundidades, mostró a través de la distribución de F, que no existe suficiente evidencia de un efecto de interacción de los 3 factores en conjunto Terreno \* Profundidad \* Epoca (Fc: 0.675, N.S.: 0.572), ni de la interacción Profundidad \* Epoca (Fc: 2.481, N.S.: 0.072) (Cuadro D.3).

**Cuadro D.3. A. de V. preliminar para la persistencia de semillas latentes, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, muestreadas en 4 épocas del año, de terrenos de cultivo de temporal y riego.**

Fuente	S.C.	GL	C.M.
Terreno	411.431	1	411.431
Profundidad	18.522	1	18.522
Epoca	10380.611	3	3460.204
TR * PR	48.598	1	48.598
TR * EP	5647.166	3	1882.389
PR * EP	74.510	3	24.837
TR * PR * EP	20.255	3	6.752
ERROR	480.432	48	10.009

De estas interacciones, la de Terreno \* Profundidad \* Epoca presentó los valores más bajos de C.M. (6.752).

La interacción triple no es significativa, por lo que se le asigna el valor de cero al componente de varianza correspondiente  $\sigma_{TR*PR*EP}^2$ .

Con ésto, se procedió al cálculo de los valores de las "F conservadoras", tomando como error el C.M. de la triple interacción Terreno \* Profundidad \* Epoca: 6.752.

Así, las F conservadoras para los factores y su interacción, fueron las siguientes:

Fuente	C.M.	CM	TR*PR*EP	F conservadora	
Profundidad	18.522 /	6.752	=	2.74	No significativo
Epoca	3460.204 /	6.752	=	512.47	Altamente signif
PR * EP	24.837 /	6.752	=	3.68	No significativo
TR * PR	48.598 /	6.752	=	7.19	No significativo
TR * EP	1882.389 /	6.752	=	278.79	Altamente signif

Cuadro D.4. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la persistencia de semillas latentes, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, muestreadas en 4 épocas del año, de terrenos de cultivo de temporal y riego.

Fuente	GL	C.M.	Esperanzas de C.M.	F conserv
Terreno	1	411.431	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_{T} + 64\sigma^2_T$	No evaluar
Err. Restr d	0		$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_{T}$	
Profundidad	1	18.522	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 32\sigma^2_{T}$	2.74
Epoca	3	3460.204	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 16\sigma^2_{EP}$	512.47
PF * EP	3	24.837	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 8\sigma^2_{PE}$	3.68
TR * PF	1	48.598	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 16\sigma^2_{TE}$	7.19
TR * EP	3	1882.389	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 8\sigma^2_{TE}$	278.79
TR * PR * EP	3	6.752	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 4\sigma^2_{TPE}$ (1)	
Err. Restr N	0		$\sigma^2 + 4\sigma^2_N$	
Bolsas	48	10.009	$\sigma^2$	
Total	63			

(1) Este componente  $\sigma^2_{TPE}$  se considera que es cero.

Los valores de las F conservadoras que resultaron significativos, fueron los del factor Epoca (F conservadora: 512.47) y el de la interacción Terreno \* Epoca (F conservadora: 278.79), por lo cual se continuó el análisis sobre éste último.

El cálculo de la DMSH de Tukey para la interacción Terreno \* Epoca, fue el siguiente:

$$DMSH = \frac{Q_{4,3}^A \sqrt{C.M./No. \text{ de datos para calcular el promedio}}}{}$$

$Q_{4,3}^A$  = Este valor se obtiene de la Tabla de "Amplitudes Studentizadas...", buscando en la línea superior el número de medias (4) y en la izquierda, los Grados de Libertad de la interacción Terreno \* Epoca (3).

$$Q_{4,3}^A \frac{\sqrt{8.752/8}}{\sqrt{0.844}} = 6.82 \times 0.9187 = 6.265 = DMSH$$

(Figura D.4).

Con este dato se evaluó si existían diferencias respecto a las medias de la interacción Terreno \* Epoca para cada terreno:

Temporal * Invierno	= 90.00	A
Temporal * Primavera	= 46.28	C
Temporal * Verano	= 53.07	B
Temporal * Otoño	= 31.35	D
Riego * Invierno	= 52.83	A
Riego * Primavera	= 54.05	A
Riego * Verano	= 53.64	A
Riego * Otoño	= 39.89	A

(medias con letras distintas, son diferentes estadísticamente).

De acuerdo a estos resultados, es evidente que sólo hubo diferencias significativas entre épocas en el terreno de temporal. En cambio para riego no hubo efecto de épocas.

Por su parte, el análisis señala que no hubo efecto de profundidad de ningún tipo: ni como efecto principal, ni tampoco en forma conjunta.

Tal afirmación concuerda con los datos obtenidos en 10 y 25 cm en terreno de riego (Figura D.5). Sin embargo, al enfocar el comportamiento de las semillas en terreno de temporal (Figura D.5), se observan 2 épocas en las que se registraron menos semillas latentes en 10 cm que en 25 cm:

- En primavera hubo 43.55 V Trf= 47.5% en 10 cm y 49.02 V Trf= 57% en 25 cm.
- En otoño hubo 28.27 V Trf= 22.5% en 10 cm y 34.43 V Trf= 32% en 25 cm.

## PERSISTENCIA DE SEMILLAS LATENTES MUESTREADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO

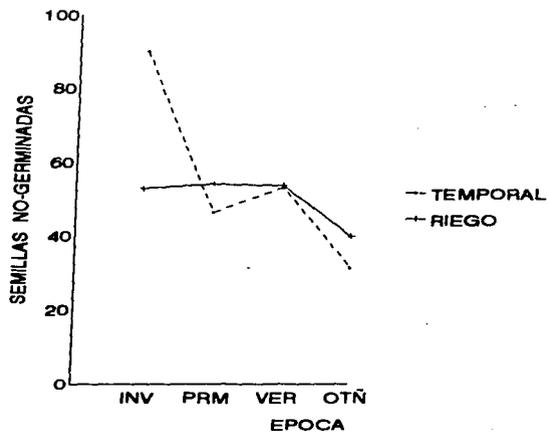
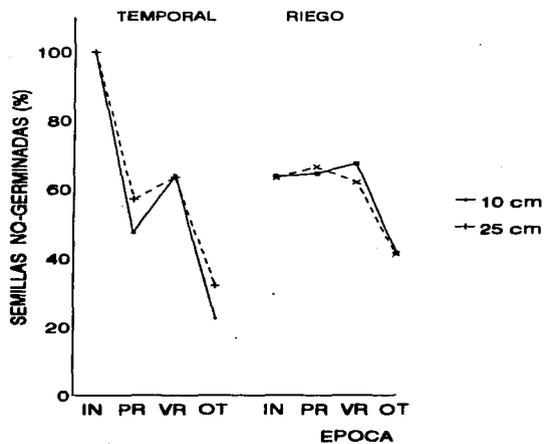


Figura D.4. Persistencia de semillas Latentes, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego.

**SEMILLAS LATENTES EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS**



**Figura D.5. Persistencia de semillas Latentes, muestreadas en 4 épocas del año, en terreno de Temporal y de Riego, a 10 y 25 cm de profundidad.**

## D.2. MODELO ESTADISTICO PARA LA GERMINACION A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO

Para el objetivo 8 (efecto de la época del año sobre el porcentaje de semillas germinadas en el suelo a diferentes profundidades) se propuso el empleo de un modelo de análisis de varianza con un criterio de clasificación, para cada terreno y en la época del año en que se presentó germinación (primavera para terreno de temporal e invierno para terreno de riego):

- Profundidad de enterramiento con 2 niveles: 10 y 25 cm.

De acuerdo a Méndez (1993), en este experimento las muestras de unidades dentro del tratamiento, no fueron independientes, por no haber asignado al azar las 4 unidades (bolsas) en cada pozo y para cada profundidad, las cuales en conjunto se desenterraron en las épocas elegidas. Con ello se promovió una restricción en la aleatorización, un posible efecto del sitio donde habían permanecido, con posible correlación en las unidades y por lo tanto, una falta de independencia en las observaciones.

Para reconocer en el análisis esta carencia en la aleatorización, se incluye un término de error de restricción, correspondiente a los factores aleatorios en que difieren las bolsas dentro de cada profundidad  $j$ :  $N_{n(j)}$

El modelo es:

$$Y_{jkn} = \mu + P_j + N_{n(j)} + B_{k(jn)}$$

$j = 1, 2,$  Profundidad  
 $n = 1$  Factores aleatorios en que difieren el  
conjunto de bolsas en la profundidad  $j$ .  
 $k = 1, 2, 3, 4$  Repetición

$y_{jkn}$	Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado de germinación, registrado en la $n$ -ésima repetición, evaluado en la $j$ -ésima profundidad de enterramiento.
$\mu$	Representa la media general de las observaciones.
$P_j$	Representa el efecto producido por la $j$ -ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
$N_{n(j)}$	Representa los factores aleatorios o de confusión, comunes a las 4 bolsas en la profundidad $j$ .
$E_{k(jn)}$	Representa un término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento. Está dado por el efecto de bolsa $n$ , dentro de profundidad $j$ .

El procedimiento teórico para hacer el análisis estadístico sobre todos los efectos, se basa en valorar si el error de restricción (factores de confusión) es poco importante, con lo que se estaría suponiendo que  $\sigma_N^2 \approx 0$ . Sólo tomando en cuenta esta condición, se pueden probar hipótesis sobre el efecto del factor profundidad.

Así, para probar la nulidad del efecto de profundidad, se hizo el cálculo de "F conservadoras" por medio de una razón de Cuadrados Medios, dividiendo el Cuadrado Medio del factor con el Cuadrado Medio del error.

Si la "F conservadora" es significativa, procede la prueba de Tukey.

Si la "F conservadora" no es significativa, se concluye la ausencia de efecto de los factores.

Para el análisis estadístico, se utilizó el programa STATGRAFICS versión 2.1.

D.2.1. ANALISIS PARA EL REGISTRO DE SEMILLAS GERMINADAS A 2 PROFUNDIDADES, EN 4 EPOCAS DEL AÑO

Se inicia con un A. de V. preliminar, donde se ignoran los errores de restricción y se considera el efecto del factor profundidad para primavera en terreno de temporal (Cuadro D.5) y para invierno en terreno de riego (Cuadro D.6)

Cuadro D.5. A. de V. preliminar para semillas germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, del muestreo de primavera de terreno de cultivo de temporal.

Fuente	S.C.	GL	C.M.
Profundidad	654.496	1	654.496
ERROR	92.251	6	15.375
Total (corr)	746.747	7	

Cuadro D.6. A. de V. preliminar para semillas germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, del muestreo de invierno de terreno de cultivo de riego.

Fuente	S.C.	GL	C.M.
Profundidad	24.05	1	24.05
ERROR	53.24	6	8.87
Total (corr)	77.28	7	

A continuación se incluye el error de restricción en el A. de V., así como las esperanzas de los cuadrados medios.

Cuadro D.7. A. de V. con las esperanzas de los cuadrados medios, para semillas germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, del muestreo de primavera de Terreno de Temporal.

Fuente	GL	C.M.	Esperanzas de C.M.	F conservadora
Profundidad	1	654.496	$\sigma^2 + 4\sigma_N^2 + 8\sigma_P^2$	42.57 AS
Error Restr N	0		$\sigma^2 + 4\sigma_N^2$	
ERROR	6	15.375	$\sigma^2$	
Total (corr)	7			

Cuadro D.8. A. de V. con las esperanzas de los cuadrados medios, para semillas germinadas, obtenidas de 10 y 25 cm de profundidad, del muestreo de primavera de Terreno de Riego.

Fuente	GL	C.M.	Esperanzas de C.M.	F conservadora
Profundidad	1	24.05	$\sigma^2 + 4\sigma^2_N + 8\sigma^2_P$	2.71 NS
Error Restr N	0		$\sigma^2 + 4\sigma^2_N$	
ERROR	6	8.87	$\sigma^2$	
Total (corr)	7			

La F conservadora para el factor profundidad en ambos terrenos, resultó la siguiente:

Fuente	C.M.	/ C.M. Error	F conservadora
Prof. (Temporal)	654.496	/ 15.375	42.57 AS
Prof. (Riego)	24.05	/ 8.87	2.71 NS

El valor de la F conservadora que resultó significativo, fue sólomente el de profundidad del terreno de temporal (Figura D.6). De esta manera, debido al error de restricción para profundidad, aunque el análisis muestra que hay influencia del factor, no se puede afirmar definitivamente su efecto.

Sin embargo, si se logra justificar el efecto positivo de la profundidad sobre la respuesta de germinación, considerando en las épocas señaladas, las condiciones ambientales prevalecientes en los diferentes estratos del suelo.

**SEMILLAS GERMINADAS EN 4 EPOCAS DEL AÑO  
A 10 Y 25 cm EN AMBOS TERRENOS**

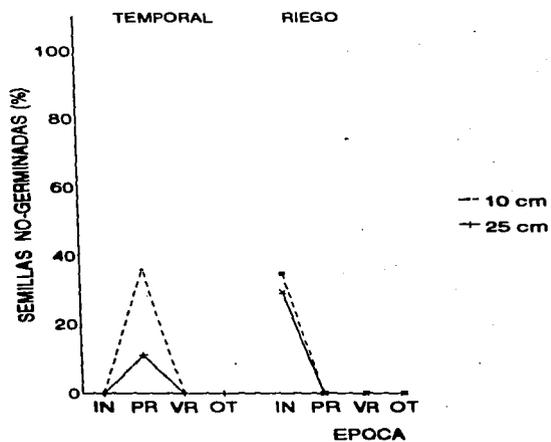


Figura D.6. Germinación a 10 y 25 cm de profundidad, en terreno de Temporal y de Riego.

APENDICE E. ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 5.  
 EMERGENCIA DE PLANTULAS, DE SEMILLAS ENTERRADAS A  
 4 PROFUNDIDADES Y MUESTREADAS EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS

E.1. MODELO ESTADISTICO

Para el objetivo 9 (efecto de la profundidad de enterramiento de semillas, sobre la emergencia de plántulas) que comprendía originalmente 4 profundidades: 5, 10, 20 y 30 cm y 4 semanas, se hizo una modificación al modelo dada la ausencia de respuesta en 20 y 30 cm, así como en las semanas 3 y 4.

Así, se propuso el empleo de un modelo de análisis de varianza con dos criterio de clasificación, con interacción:

- Profundidad de enterramiento, con 4 niveles: 5, 10, 20 y 30 cm.
- Tiempo de enterramiento en semanas después de siembra, con 2 niveles: semana 1 y semana 2

Cabe mencionar que de acuerdo a Méndez (1993), en este experimento las muestras de unidades dentro de cada uno de los tratamientos, no fueron independientes, por no haber asignado al azar las 40 unidades (cilindros) a los 4 tratamientos de profundidad; es decir, se debieron sortear los sitios en el terreno experimental para asignar el tratamiento de profundidad y no mantener juntas las 10 unidades pequeñas (10 cilindros con semillas) dentro de una unidad grande que recibe el tratamiento (surco con una cierta profundidad).

Para incluir en el análisis estadístico esta restricción en la aleatorización, se introduce en el modelo un término correspondiente a los factores aleatorios que inciden en conjunto sobre los 10 cilindros o repeticiones, de cada profundidad  $i$ , causando que no sean válidas estrictamente las comparaciones entre profundidades:  $d_{1(i)}$

Así, el modelo que se propone es el siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + a_i + d_{1(i)} + N_{m(11)} + b_j + (Nb)_m(j11) \\ + (ab)_{ij} + E_{n(11)lm}$$

$i = 1, 2,$	Profundidad
$j = 1, 2,$	Semana de enterramiento
$l = 1$	Factores aleatorios comunes al conjunto de cilindros en cada profundidad
$m = 1, 2, \dots, 10$	Cilindro $m$ en cada profundidad
$n = 1, 2, \dots, 10$	Repetición
$v_{ijlmn}$	Es la variable de respuesta y representa el porcentaje transformado de plántulas emergidas, registrado en la $j$ -ésima semana de enterramiento y depositadas en la $i$ -ésima profundidad de enterramiento, dentro del $m$ -ésimo cilindro, en la $n$ -ésima repetición.
$\mu$	Representa la media general de las observaciones.
$a_i$	Representa el efecto producido por la $i$ -ésima profundidad de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
$d_{l(i)}$	Representa los factores aleatorios comunes al conjunto de los cilindros o repeticiones en la profundidad $i$ .
$N_{m(i)}$	Representa el efecto del cilindro $m$ ( $m = 1-10$ ) dentro de los efectos $l$ de $d_l$ , dentro de la profundidad $i$ .
$b_j$	Representa el efecto producido por la $j$ -ésima semana de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
$(Nb)_{mj(i)}$	Representa el efecto de interacción del cilindro $m$ , con la semana $j$ -ésima, dentro de la profundidad $i$ , sobre la variable de respuesta.
$(ab)_{ij}$	Representa el efecto de interacción de la $i$ -ésima profundidad y de la $j$ -ésima semana de enterramiento, sobre la variable de respuesta.
$E_{n(ijlm)}$	Representa un término de error aleatorio o de variabilidad, que está asociado a las condiciones no controladas del experimento. Representa los factores aleatorios entre las características de cada semana de emergencia dentro de cada cilindro o repetición $n$ , dentro de la profundidad $i$ .

El procedimiento teórico para hacer el análisis estadístico sobre todos los efectos, se basa en valorar si los errores de restricción (factores de confusión) son poco importantes. Así, aunque la hipótesis nula  $H_0: a_1 = a_2$  (que equivale a  $\sigma_a^2 = 0$ ) no se puede probar, la hipótesis nula  $H_0: \sigma_a^2 + \sigma_d^2 = 0$ , si se logra establecer por medio del cálculo de la "F" que resulta de la razón de Cuadrados Medios, dividiendo el CM de Profundidad con el CM de Repetición/Prof:

$$F = \frac{CM_{Prof}}{CM_{Rep/Prof}}$$

La hipótesis nula  $H_0: b_1 = b_2$ , se prueba calculando la "F" al dividir el CM de Semana con el CM de la interacción Sem \* Rep/Prof :

$$F = \frac{CM_{Sem}}{CM_{Sem*Rep/Prof}}$$

La hipótesis nula de que no hay interacción Prof \* Sem, se prueba calculando la "F", al dividir el CM de la interacción a \* b con el CM de la interacción Sem \* Rep/Prof:

$$F = \frac{CM_{a*b}}{CM_{Sem*Rep/Prof}}$$

## E.2. ANALISIS DE LA EMERGENCIA DE PLANTULAS

El análisis estadístico para la emergencia de plántulas, a partir de 2 profundidades (5, 10, cm debajo del nivel superficial) y muestreadas en las 2 semanas del primer mes (junio), reveló que no existe un efecto conjunto de los factores Profundidad \* Semana (Fc: 2.83, P: 0.1098).

Cuadro E.1. A. de V. con las Esperanzas de los Cuadrados Medios, para la emergencia de plántulas, obtenidas de semillas enterradas a 5 y 10 cm de profundidad, muestreadas en junio en terreno de temporal.

Fuente	GL	CM	Esperanzas de CM	Fc	P
Prof $a_1$	1	9363.6	$\sigma^2 + 2\sigma_a^2 + 20\sigma_b^2 + 20\sigma_d^2$	35.74	.0001 AS
E R $d_{1(11)}$	0		$\sigma^2 + 2\sigma_a^2 + 20\sigma_d^2$		
Rep/Prof $N_{m(11)}$	18	262.0	$\sigma^2 + 2\sigma_b^2$		
Sem $b_j$	1	1440.0	$\sigma^2 + \sigma_b^2 + 20\sigma_d^2$	31.44	.0001 AS
Prof*Sem $(ab)_{ij}$	1	129.6	$\sigma^2 + \sigma_b^2 + 10\sigma_{ab}^2$	2.83	.1098 NS
Sem*Rep/Prof $(Nb)_{mj(11)}$	18	45.8	$\sigma^2 + \sigma_{Nb}^2$		
Error	0		$\sigma^2$		
Total	39				

$$\begin{aligned}
 F &= \text{CMProf} / \text{CMRep/Prof} &&= 9363.6 / 262.0 = 35.74 \\
 F &= \text{CMSemana} / \text{CMSem*Rep/Prof} &&= 1440.0 / 45.8 = 31.44 \\
 F &= \text{CMa*b} / \text{CMSem*Rep/Prof} &&= 129.6 / 45.8 = 2.83
 \end{aligned}$$

Por su parte, aunque se encontró un efecto significativo del factor Profundidad (Fc: 35.74, P: 0.0001) que rechaza la  $H_0: 20\sigma_d^2 + 20\sigma_a^2 = 0$ , el resultado para la Profundidad no es válido estrictamente pues no se puede afirmar si el efecto está dado por la profundidad o por los efectos aleatorios que inciden en conjunto sobre los 10 cilindros de cada profundidad.

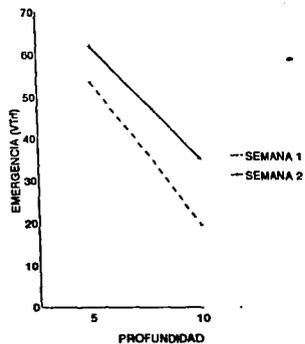
Sin embargo si se observa que el promedio mayor fue el de 5 cm de profundidad, con 62.21 V Trf= 75%, respecto al promedio obtenido a 10 cm, que fue de 35.2 V Trf= 34% (Figura E.1).

A su vez, se encontró un efecto significativo del factor Semanas (Fc: 31.44, P: 0.0001), que rechaza la  $H_0: \sigma_b^2 = 0$ .

Se concluye que en la semana 1, los valores registrados de plántulas emergidas, fue significativamente mayor que el de la semana 2, por la acumulación que se hizo en esta última, de la emergencia observada en la semana 1.

El conjunto de los datos por profundidad y por semana, fueron los siguientes: en 5 cm de profundidad hubo 53.7 V Trf= 64% en la semana 1 y 62.1 V Trf= 75% en la semana 2, respecto a 10 cm de profundidad, con 19.7 V Trf= 15% en la semana 1 y 35.2 V Trf= 34% en la semana 2 (Figura E.1).

EMERGENCIA DE PLANTULAS EN EPOCA DE LLUVIAS



**Figura E.1. Emergencia de plántulas en las semanas 1 y 2 del primer mes de la época de lluvias.**

APENDICE F. DATOS FENOLOGICOS DE *Ipomoea purpurea* COMO ARVENSE DE 17  
 LOCALIDADES DE LA PARTE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO  
 (VILLEGAS DE GANTE 1969)

FORMA BIOLÓGICA: Terofita

CULTIVO: Maíz

DISTRIBUCION: A: En casi todo el Continente Americano

LOCALIDAD	CLIMA	ABUNDANCIA
Atenco, Mex.	W	x
Los Reyes, Mex.	S	1
Chalco, Mex.	SE	2
Mixquic, D.F.	S y NW	1
San Gregorio, D.F.	E	2
Isquitlan, Mex.	W	x
Texcoco, Mex.	E y N	2
San Andrés Atenco, Mex.	SE	2
Tlapizahuac, Mex.	NW	2
Ixtapaluca, Mex.	SE y S	2
Tlalnepantla, Mex.	E	2
San Bartolo Naucalpan, Mex.	NW	1
Colonia Miguel Avila Camacho, Mex.	W	x
Milpalta, D.F.	NE	1
Tlalmanalco, Mex.	S	1
Juchitepec, Mex.	W	1
Topilejo, D.F.	S	1

Símbolos de abundancia:

x ..... presente en forma dispersa o muy dispersa

1 ..... abundante pero con cobertura muy baja

2 ..... muy numerosa, o cobertura de por lo menos  $\frac{1}{20}$  de la superficie