



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTRUCTURA Y RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LAS  
SEMILLAS MADURAS DE *Sicyos deppei* G. Don  
(CUCURBITACEAE) INFLUENCIADAS POR LA  
CALIDAD DE LA LUZ DURANTE SU DESARROLLO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA VEGETAL)

P R E S E N T A :

LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO

MEXICO, D. F.

1992

ESTRUCTURA Y RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LAS SEMILLAS  
MADURAS DE *Sicyos deppei* G. Don (CUCURBITACEAE)  
INFLUENCIADAS POR LA CALIDAD DE LA LUZ  
DURANTE SU DESARROLLO

La presente tesis se realizó en el laboratorio de Citología de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M., bajo la la Dirección de la M. en C. Alicia E. Brechú Franco, con el apoyo del Proyecto IN200692 DGAPA-UNAM y del Convenio de Colaboración Académica y Científica U.N.A.M.-UNICAUCA y sustentada ante el siguiente jurado:

Dra. Guadalupe Judith Marquez Guzman

Dr. Guillermo Laguna Hernandez

Dra. Alma Delfina Lucía Orozco Segovia

M. en C. Alicia Enriqueta Brechú Franco

Dra. Margarita Collazo Ortega

Dra. Clara Esquivel Huesca

M. en C. Aida Marisa Osuna Fernandez

## DEDICATORIA

A mi esposa Gloria Zully, por compartir éste trabajo, por su infinito amor y entusiasmo en esta empresa.

A mis hijos Marisol, Zully Tatiana y Leonidas Alberto, por su inspiración para superarme.

A mi madre Mercedes, por su amor, inspiración y apoyo constantes.

A mi hermana Elsa y a Oscar por su afecto y apoyo.

A mis hermanos Adelina y Fernando por nuestra fraternidad.

A mi familia, por la confianza y solidaridad.

#### AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Alicia Enriqueta Brechú Franco, por la Dirección de esta Tesis, su apoyo permanente y sincera amistad.

A la Dra. Judith Márquez, por sus enseñanzas, hospitalidad y amistad que hicieron grata mi estadía en el laboratorio de Citología.

A los integrantes del Jurado por enriquecer este trabajo con sus valiosas observaciones y sugerencias.

A la Dra. Alma Orozco Segovia por su permanente asesoría en el Comité Tutorial y por el apoyo brindado a través del laboratorio de Ecofisiología Vegetal del Centro de Ecología U.N.A.M.

Al Dr. Guillermo Laguna del laboratorio de Citología, por su participación activa en el Comité Tutorial durante el desarrollo de la tesis, por su apoyo y amistad.

A los Ingenieros Alfredo Martínez Singüenza y Martín Islas Olmos de la Dirección General de Obras y Servicios Generales, por facilitar las instalaciones, apoyar la construcción de la infraestructura y asesorar técnicamente el desarrollo del cultivo.

Al M. en C. Victor Barradas del Centro de Ecología U.N.A.M por su colaboración en la construcción, mantenimiento y manejo de equipos para el trabajo de campo.

A la Bióloga Maria Esther Sánchez del laboratorio de Ecofisiología del Centro de Ecología U.N.A.M, por el apoyo en el manejo de equipos de laboratorio.

Al M. en C. Alejandro Martínez Mena y al P. de Biol. Alfredo Gamboa del laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias U.N.A.M., por su apoyo con el material fotográfico.

Al personal del Departamento de Servicios y Mantenimiento de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

A la Bióloga Reyna Osuna Fernández por apoyar y compartir las actividades relevantes de éste trabajo, por su compañerismo y amistad.

A la Señora Dionisia Franco Vda. de Brechú y a la Srta. Guadalupe Brechú Franco por su apoyo y amistad.

A la Señora Azucena Wong y a Ricardo Wong, por su colaboración generosa y grata amistad.

Al Biol. Felipe Cruz, por su asesoría en los aspectos Estadísticos de éste trabajo y su amistad.

A mis compañeros del laboratorio de Citología: Sonia Margarita, Silvia, Lupita, Guadalupe M, Aurora, Braulio, Lucio, Rosario, Enriqueta, Citlali, Maria Eugenia, Guillermina, Lourdes, Obdulia y Victor por su colaboración y sincera amistad.

A los Académicos de la Maestría en Ciencias (Biología Vegetal) y Directivos del Dpto. de Biología y de División de Posgrado de la Facultad de Ciencias.

A mis amigos: Oscar Salcedo, Esperanza Velazquez, Carlos H. Illera, Héctor Fernández, Virginia Aguilar, Oscar Urrego, Linda García, Sonia Fuentes, Gustavo Ramos, Adolfo y Andrés Torres, Nilsa Velazco, Maria Elena Solarte, Elio Fabio Gutiérrez y familia, Edmundo Quimbayo y familia, Wilmer y familia por la solidaridad que me brindaron durante mi permanencia en México.

Al M. en C. Jaury León Tellez, señora y familia porque su amistad y colaboración hicieron posible la culminación de esta meta.

## CONTENIDO

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

ABREVIATURAS

|                                                                                             | Pag. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.0. RESUMEN                                                                                |      |
| 2.0. INTRODUCCION.....                                                                      | 1    |
| 3.0. ANTECEDENTES.....                                                                      | 4    |
| 3.1. Aspectos generales.....                                                                | 4    |
| 3.2. Efecto de la luz.....                                                                  | 5    |
| 3.3. Latencia.....                                                                          | 14   |
| 3.4. Características generales de <i>S. deppei</i> .....                                    | 16   |
| 3.4.1. Ubicación taxonómica.....                                                            | 16   |
| 3.4.2. Descripción específica.....                                                          | 16   |
| 3.4.3. Descripción de la diáspora.....                                                      | 17   |
| 3.4.4. Distribución.....                                                                    | 17   |
| 3.4.5. Importancia económica.....                                                           | 18   |
| 3.4.6. Investigaciones realizadas.....                                                      | 19   |
| 4.0. MATERIALES Y METODOS.....                                                              | 20   |
| 4.1. Materiales y procedimientos generales.....                                             | 20   |
| 4.1.1. Filtros de luz.....                                                                  | 20   |
| 4.1.2. Condiciones de germinación.....                                                      | 24   |
| 4.1.3. Escarificación.....                                                                  | 24   |
| 4.2. Colecta de las semillas desarrolladas en<br>plantas invasoras de cultivos básicos..... | 24   |
| 4.3. Trabajo de campo.....                                                                  | 25   |
| 4.3.1. Preparación del terreno.....                                                         | 25   |
| 4.3.2. Construcción de casas de sombra.....                                                 | 26   |
| 4.3.3. Desarrollo del cultivo de <i>S. deppei</i> .....                                     | 28   |
| 4.3.4. Marcaje de infrutescencias.....                                                      | 28   |
| 4.4. Trabajo de laboratorio.....                                                            | 31   |
| 4.4.1. Características generales de las<br>diásporas.....                                   | 31   |
| 4.4.1.1. Tamaño.....                                                                        | 32   |

|          |                                                           |    |
|----------|-----------------------------------------------------------|----|
| 4.4.1.2. | Peso.....                                                 | 32 |
| 4.4.1.3. | Color.....                                                | 32 |
| 4.4.1.4. | Contenido de humedad.....                                 | 32 |
| 4.4.1.5. | Contenido de clorofila.....                               | 33 |
| 4.4.2.   | Respuesta fisiológica.....                                | 36 |
| 4.4.2.1. | Prueba de viabilidad.....                                 | 36 |
| 4.4.2.2. | Prueba de vigor.....                                      | 36 |
| 4.4.2.3. | Estratificación.....                                      | 38 |
| 4.4.2.4. | Germinación en diferentes<br>calidades de luz.....        | 40 |
| 4.4.2.5. | Germinación y color de las<br>semillas.....               | 42 |
| 4.4.3.   | Estudio de estructura e histoquímica.....                 | 42 |
| 4.4.3.1. | Microscopía óptica.....                                   | 43 |
| 4.4.3.2. | Microscopía electrónica.....                              | 43 |
| 5.0.     | DISEÑO ESTADISTICO.....                                   | 43 |
| 5.1.     | Marco de muestreo.....                                    | 43 |
| 5.2.     | Métodos de muestreo.....                                  | 44 |
| 5.3.     | Unidad experimental.....                                  | 44 |
| 5.4.     | Comparabilidad de las muestras.....                       | 44 |
| 5.5.     | Especificación de variables y escalas de<br>medición..... | 45 |
| 5.6.     | Proceso de captación de la información.....               | 45 |
| 5.7.     | Modelo estadístico.....                                   | 46 |
| 6.0.     | RESULTADOS Y DISCUSION.....                               | 51 |
| 6.1.     | Cultivo.....                                              | 51 |
| 6.2.     | Características generales de las semillas.....            | 53 |
| 6.2.1.   | Tamaño.....                                               | 53 |
| 6.2.2.   | Peso.....                                                 | 55 |
| 6.2.3.   | Color.....                                                | 56 |
| 6.2.4.   | Contenido de humedad.....                                 | 57 |
| 6.2.5.   | Contenido de clorofila.....                               | 58 |

|          |                                                    |     |
|----------|----------------------------------------------------|-----|
| 6.3.     | Respuesta fisiológica.....                         | 64  |
| 6.3.1.   | Prueba de viabilidad.....                          | 64  |
| 6.3.2.   | Prueba de vigor.....                               | 65  |
| 6.3.3.   | Estratificación.....                               | 66  |
| 6.3.4.   | Germinación en diferentes calidades<br>de luz..... | 73  |
| 6.3.4.1. | Experimento N° 1.....                              | 73  |
| 6.3.4.2. | Experimento N° 2.....                              | 92  |
| 6.3.5.   | Germinación y color de las semillas.....           | 102 |
| 6.4.     | Estructura e histoquímica.....                     | 106 |
| 6.4.1.   | Microscopía óptica.....                            | 106 |
| 6.4.2.   | Microscopía electrónica.....                       | 110 |
| 6.4.3.   | Discusión general.....                             | 118 |
| 7.0.     | CONCLUSIONES.....                                  | 128 |
| 8.0.     | REFERENCIAS.....                                   | 130 |
| 9.0.     | APENDICE.....                                      | 139 |

## INDICE DE CUADROS

| CUADRO |                                                                                                                                                                                                                | PAGINA |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1.     | Características físicas de los filtros instalados en el cultivo de <i>S. deppei</i> y en los dispositivos de germinación en el laboratorio.....                                                                | 22     |
| 2.     | Evaluación en campo de la relación R/RL, en los filtros de luz y en la malla de las casas de sombra, durante el desarrollo de las semillas de <i>S. deppei</i> .....                                           | 31     |
| 3.     | Condiciones de luz en las que germinaron las semillas de <i>S. deppei</i> en el laboratorio, medidas con quantómetro, radiómetro y espectro-radiómetro en el interior de las cajas de Petri.....               | 41     |
| 4.     | Diseño experimental: trifactorial con distribución completamente al azar (DCA), para la prueba de germinación de <i>S. deppei</i> en tres calidades de luz bajo condiciones de laboratorio.....                | 48     |
| 5.     | Diseño experimental: trifactorial con distribución completamente al azar (DCA), para la prueba de germinación de semillas de <i>S. deppei</i> en cuatro calidades de luz, bajo condiciones de laboratorio..... | 49     |
| 6.     | Arreglo combinatorio y distribución completamente al azar, para el diseño trifactorial 2 x 2 x 4, cuando las semillas de <i>S. deppei</i> se hicieron germinar en cuatro calidades de luz.....                 | 50     |
| 7.     | Características de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> desarrolladas en plantas madre bajo diferentes calidades de luz.....                                                                 | 54     |
| 8.     | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para los tamaños de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas en campo bajo luz filtrada .....                                  | 55     |

|     |                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.  | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para el peso de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas en condiciones de campo bajo luz filtrada y luz natural.....                                      | 56 |
| 10. | Porcentaje de humedad de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas bajo diferentes calidades de luz en condiciones de campo....                                                                               | 57 |
| 11. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para el contenido de humedad de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas en campo con luz natural y luz filtrada.....                                      | 57 |
| 12. | Absorbancia a 644 y 662 nm del extracto acetónico de frutos de <i>S. deppei</i> , desarrollados en condiciones de campo bajo luz natural (S/F) y luz filtrada (C/F).....                                                                   | 61 |
| 13. | Cantidad de clorofila: a, b, a + b (mgr/l) y relación a/b en los extractos acetónicos provenientes de frutos de <i>S. deppei</i> , desarrollados con luz natural (s/f) y con luz filtrada roja roja lejana, bajo condiciones de campo..... | 62 |
| 14. | Promedios de viabilidad y vigor de las semillas maduras de <i>S. deppei</i> , desarrolladas bajo diferentes calidades de luz en condiciones de campo.....                                                                                  | 64 |
| 15. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de viabilidad de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas en campo bajo luz filtrada y luz natural.....                                     | 65 |
| 16. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de vigor de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas en campo bajo luz filtrada y luz natural.....                                          | 66 |
| 17. | Efecto de la estratificación a 4°C sobre la germinación de semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , desarrolladas bajo condiciones de campo.....                                                                               | 67 |
| 18. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple                                                                                                                                                                                          |    |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|     | para la prueba de germinación de semillas maduras de <i>S. deppei</i> , estratificadas a 4°C durante 15 semanas y desarrolladas en condiciones de campo bajo luz natural.....                                                                   | 68  |
| 19. | Germinación de semillas maduras de <i>S. deppei</i> en 3 calidades de luz (R, RL y O), bajo condiciones de laboratorio a 25°C.....                                                                                                              | 74  |
| 20. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la germinación en tres calidades de luz (R, RL y O), de semillas de <i>S. deppei</i> escarificadas y no escarificadas, provenientes de luz filtrada y luz natural.....                   | 82  |
| 21. | Germinación de semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , en condiciones de laboratorio a 25°C bajo cuatro calidades de luz (R, RL, B y O), seis meses después de cosechadas con y sin escarificar.....                               | 94  |
| 22. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la germinación de <i>S. deppei</i> , bajo el efecto de cuatro calidades de luz (R, RL, B y O) en campo y escarificación.....                                                             | 101 |
| 23. | Germinación de semillas de <i>S. deppei</i> maduras deshidratadas negras y cafés, desarrolladas bajo luz natural, 7 meses después de cosechadas.....                                                                                            | 102 |
| 24. | Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de germinación en oscuridad a 25°C, de semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> de colores negro y café, desarrolladas en condiciones de campo bajo luz natural..... | 103 |
| 25. | Comparación general de los resultados tanto de las evaluaciones morfológicas como fisiológicas de las semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> .....                                                                                  | 105 |

## INDICE DE FIGURAS

| FIGURAS                                                                                                                                                                                               | PAGINAS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Diagrama del proceso metodológico general.....                                                                                                                                                     | 21      |
| 2. Transmitancia de los filtros GAAM-COLOR.....                                                                                                                                                       | 23      |
| 3. Infraestructura construída para el cultivo<br>de <i>S. deppei</i> .....                                                                                                                            | 27      |
| 4. Precipitación, temperaturas máximas y mínimas<br>registradas en el Observatorio Meteorológico<br>del Colegio de Geografía UNAM México, D. F,<br>durante los meses de mayo a noviembre de 1991..... | 29      |
| 5. Metodología para la extracción y cuantificación<br>de clorofilas de las cubiertas seminales y<br>pericarpios de <i>S. deppei</i> en diferentes etapas<br>de desarrollo.....                        | 35      |
| 6. Metodología empleada para la estratificación de<br>semillas maduras deshidratadas de <i>S. deppei</i> , a<br>4°C durante 15 semanas.....                                                           | 39      |
| 7. Duración de las etapas de desarrollo de la<br>planta <i>Sicyos deppei</i> , cultivada bajo condiciones<br>de campo en la temporada de mayo a diciembre de<br>1991.....                             | 52      |
| 8. Espectros de absorción de extractos acetónicos<br>obtenidos de frutos con y sin filtro de <i>S. deppei</i><br>a la 2a y 3a semanas de desarrollo.....                                              | 59      |
| 9. Espectros de absorción de extractos acetónicos<br>obtenidos de frutos con y sin filtro de <i>S.</i><br><i>deppei</i> a la 4a y 5a semanas de desarrollo.....                                       | 60      |
| 10. Cantidad de clorofila a+b (mg/l) en frutos de <i>S.</i><br><i>deppei</i> en diferentes etapas de desarrollo. ....                                                                                 | 63      |
| 11. Germinación de semillas maduras deshidratadas<br>de <i>S. deppei</i> , escarificadas, estratificadas a<br>4°C.....                                                                                | 69      |
| 12. Germinación de semillas maduras deshidratadas                                                                                                                                                     |         |

|     |                                                                                                                                        |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|     | de <i>S. deppei</i> no escarificadas ,estratificadas<br>a 4°C.....                                                                     | 71  |
| 13. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> escarificadas y<br>germinadas en tres calidades de luz. sin filtro ....                               | 76  |
| 14. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> escarificadas y<br>germinadas en tres calidades de luz, con filtro.....                               | 77  |
| 15. | Semillas no escarificadas de <i>S. deppei</i> ,<br>germinadas en tres calidades de luz, sin filtro.....                                | 78  |
| 16. | Semillas no escarificadas de <i>S. deppei</i> ,<br>germinadas en tres calidades de luz, con filtro.....                                | 79  |
| 17. | Germinación en tres calidades de luz de<br>semillas de <i>S. deppei</i> , con y sin filtro.<br>Recién cosechadas.....                  | 80  |
| 18. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> sin filtro,<br>escarificadas, germinadas en cuatro calidades<br>de luz.....                           | 95  |
| 19. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> con filtro,<br>escarificadas germinadas en cuatro calidades<br>de luz.....                            | 96  |
| 20. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> sin filtro,<br>no escarificadas germinadas en cuatro<br>calidades de luz.....                         | 98  |
| 21. | Semillas de <i>Sicyos deppei</i> con filtro,<br>no escarificadas germinadas en cuatro<br>calidades de luz.....                         | 99  |
| 22. | Germinación en cuatro calidades de luz de<br>semillas de <i>S. deppei</i> , con y sin filtro, seis<br>meses después de cosechadas..... | 100 |
| 23. | Corte longitudinal de cubierta seminal en<br>semilla madura hidratada.....                                                             | 108 |
| 24. | Corte longitudinal de semilla de <i>S. deppei</i><br>madura hidratada.....                                                             | 108 |
| 25. | Corte longitudinal en semilla madura .....                                                                                             | 108 |
| 26. | Corte longitudinal de testa.....                                                                                                       | 108 |
| 27. | Corte longitudinal de semilla madura<br>mostrando células cotiledonarias.....                                                          | 108 |

|     |                                                                                                                    |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 28. | Corte longitudinal de semilla madura deshidratada.....                                                             | 108 |
| 29. | Acumulación de almidón en pericarpio de de semillas maduras hidratadas desarrolladas en campo con luz natural..... | 111 |
| 30. | a) y b) Plasto en semilla madura hidratada desarrollada en campo bajo luz filtrada.....                            | 111 |
| 31. | Cloroplasto en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada sin filtro.....                                 | 113 |
| 32. | Cloroplasto en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada con filtro.                                     |     |
| 33. | Cloroplasto organizado en grana en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada con luz natural.....        | 115 |
| 34. | Cloroplasto en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada con luz filtrada.....                           | 115 |

## ABREVIATURAS

|        |                                           |
|--------|-------------------------------------------|
| AOSA   | Association of Official Seed Analysts     |
| B      | Luz blanca                                |
| CF     | Con filtro para luz roja lejana           |
| CM     | Cuadrado medio                            |
| CV     | Coefficiente de variación                 |
| DCA    | Distribución completamente al azar        |
| DE     | Desviación estandar                       |
| EE     | Error estandar                            |
| ESC    | Escarificadas                             |
| F      | Valor de la F calculada                   |
| FV     | Fuente de variación                       |
| GL     | Grados de libertad                        |
| ISTA   | International Seed Testing Association    |
| LF     | Luz filtrada                              |
| LG     | Luz de germinación                        |
| ME     | Microscopio electrónico                   |
| MET    | Microscopio electrónico de transmisión    |
| MO     | Microscopio óptico                        |
| NO ESC | No escarificadas                          |
| NS     | Nivel de significancia                    |
| O      | Oscuridad                                 |
| PAR    | Radiación fotosintéticamente activa       |
| Pfr    | Fitocromo activo                          |
| Pr     | Fitocromo inactivo                        |
| QI     | Intensidad luminosa total de 300 a 850 nm |
| QR     | Relación R/RL                             |
| R      | Luz roja                                  |
| RL     | Luz roja lejana                           |
| SEM    | Semillas                                  |
| SF     | Sin filtro o luz natural                  |
| 2,4-D  | Acido 2,4-diclorofenoxiacético            |

## RESUMEN

*Sicyos deppei* G. Don ("chayotillo") es una hierba trepadora anual, distribuída ampliamente en áreas perturbadas del Valle de México, entre los 2250 y 2750 msnm, donde se le encuentra invadiendo cultivos básicos como el maíz y el frijol, en los que afecta su desarrollo y rendimiento al competir por agua, luz y nutrimentos.

Se estudió el efecto de la luz durante el desarrollo de las semillas, sobre aspectos morfológicos generales, calidad, estructura y comportamiento fisiológico de las semillas maduras deshidratadas, que se germinaron bajo distintos regímenes de luz.

El tamaño, peso, contenido de humedad y cantidad de clorofila, fueron mayores en las semillas desarrolladas bajo luz natural, respecto a las que lo hicieron bajo luz filtrada.

Los altos porcentajes de germinación de semillas recién cosechadas y escarificadas (50 a 80%), confirmaron una latencia por cubierta seminal impermeable.

Las semillas recién cosechadas mostraron porcentajes de germinación más elevados en oscuridad de semillas desarrolladas con y sin filtro (84 y 80% respectivamente) y en rojo lejano con semillas desarrolladas con filtro (84%). Este resultado fue diferente y superior al obtenido con luz roja de semillas desarrolladas con y sin filtro (46.4 y 54.4% ) y en luz roja lejana, de semillas desarrolladas sin filtro (51.2%).

Así, la luz en la que se desarrollaron y deshidrataron las semillas en el campo, no influyó en la capacidad de germinación de las semillas de *S. deppei*, excepto bajo la condición con luz roja lejana, donde se presentó un mayor porcentaje de semillas germinadas en aquellas desarrolladas con filtro.

En todos los tratamientos con semillas escarificadas recién cosechadas, se presentó germinación al menos del 50%. A tales semillas se les consideró como indiferentes a la luz. La

diferencia entre los mayores y los menores porcentajes de germinación fue de un 30%, el cual se interpretó como semillas latentes con fotoblastismo negativo, que promovían su germinación en la oscuridad (sin influencia de su procedencia) o en rojo lejano (sólo en aquellas desarrolladas bajo luz filtrada).

Los resultados con semillas fotoblásticas negativas pudieron tener su origen en la calidad de la luz a la que estuvieron expuestas durante su desarrollo y su germinación, o a la cantidad de luz (flujo fotónico) que recibieron en el transcurso de los mismos. Las condiciones más favorecidas fueron las de semillas desarrolladas con filtro y germinadas en oscuridad y rojo lejano.

En semillas escarificadas con una edad de seis meses después de cosechadas, ya no hay influencia de la calidad de la luz en que se desarrollaron, ni de aquella en la que germinaron, es decir, perdieron su respuesta fotoblástica negativa y se volvieron indiferentes a la luz. A su vez, la mayoría de las semillas no escarificadas que germinaron fueron indiferentes a la luz; pero en rojo lejano y oscuridad una pequeña proporción mostró una tendencia positiva a la luz.

Se observó también tanto en semillas no escarificadas como en escarificadas una pérdida de impermeabilidad y de latencia endógena, al haber transcurrido 6 meses.

Respecto a su estructura las semillas desarrolladas en luz natural presentan mayor cantidad de granos de almidón en cotiledones, así como también a nivel de epidermis de exotesta y en pericarpio.

El estudio ultraestructural de semillas desarrolladas bajo luz reveló en pericarpio, la presencia de cloroplastos grandes con tilacoides organizados en grana. En cambio en semillas desarrolladas con filtro los cloroplastos fueron pequeños, electrondensos y con poca organización de tilacoides en grana.

Las malas hierbas o arvenses que se desarrollan conjuntamente con los cultivos agrícolas representan un perjuicio para la producción y calidad de los mismos a través de la competencia que se establece por diversos recursos.

El surgimiento de las arvenses en el terreno de cultivo se lleva a cabo a partir de numerosas semillas acumuladas en el suelo que forman parte de un reservorio conocido como banco de semillas.

La germinación de las semillas es uno de los procesos fisiológicos que inicia el resurgimiento de las nuevas plantas. Dada la importancia de dicho proceso, las especies vegetales han desarrollado evolutivamente mecanismos de control de la germinación, relacionados con factores internos y externos, capaces de detectar el sitio y el tiempo apropiados para desencadenar tal evento.

El bloqueo intrínseco de la germinación cuando las semillas se dispersan se conoce como latencia primaria (Karssen 1982). El grado de latencia que presenten las semillas depende en gran medida de las condiciones imperantes durante su maduración y deshidratación sobre la planta madre.

Las semillas deben experimentar cambios metabólicos los cuales pueden estar mediados por factores ambientales que eliminan la latencia, y promueven su germinación. El ambiente lumínico en el que se desarrollen los frutos y aquel en que germinen las semillas, puede ejercer una influencia relevante sobre el grado de latencia que alcancen las semillas y su sensibilidad a los factores externos después de su dispersión.

*Sicyos deppei* G. Don, conocida como "chayotillo" y "atatana", es una arvense anual de la familia de las Cucurbitaceas, ampliamente distribuída en los valles altos de México, localizándose principalmente en zonas de cultivo de trigo, cebada, frijol y maíz y en general en áreas perturbadas por el hombre, donde se le considera una maleza agresiva. Su control es bastante complicado, pues presenta resistencia al herbicida auxínico 2,4-D, ampliamente usado en el control de arvenses de hoja ancha (Kohashi-Shibata et al 1990).

El comportamiento competitivo de la maleza por diversos recursos es muy complejo, por lo que es importante el conocimiento de aspectos básicos de la biología de sus semillas que son la fuente de nuevas repoblaciones, los que en el futuro servirán como base para implementar en los agrosistemas medidas de control más efectivas.

Considerando que *S. deppei* tiene una producción continua de frutos los cuales se distribuyen a lo largo del tallo trepador y reciben diferente calidad de luz, se enfocó el presente estudio a la comparación de la respuesta y la estructura de las semillas desarrolladas en campo bajo luz natural y luz roja lejana, para detectar si ésta representa una estrategia en la obtención de semillas con diferentes mecanismos de respuesta.

El objetivo general de este trabajo es aportar conocimientos sobre el efecto de la calidad de la luz en la estructura y respuesta fisiológica de las semillas de *S. deppei* bajo diferentes tratamientos lumínicos en condiciones de campo, cuando éstas se desarrollan y maduran en plantas madre.

Para el cumplimiento del objetivo anterior se llevaron a cabo los siguientes objetivos particulares:

1. Determinar las características generales de las semillas que maduraron bajo diferentes condiciones lumínicas, relacionadas con color, peso, tamaño, contenido de humedad y contenido de clorofila.

2. Determinar la calidad de las semillas que maduraron bajo diferentes condiciones lumínicas, en relación a su capacidad de germinación, vigor y viabilidad.

3. Determinar la latencia y la dureza de las semillas maduras, desarrolladas en plantas madre bajo diferentes calidades de luz, al exponerlas para su germinación a diversas condiciones lumínicas.

4. Comparar la estructura de las semillas maduras desarrolladas con luz filtrada y luz natural mediante microscopía electrónica, microscopía fotónica e histoquímica.

Tomando como base los antecedentes de trabajos realizados con otras especies, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Si la calidad de la luz afecta el desarrollo de las semillas, entonces su latencia y la impermeabilidad de la cubierta seminal en esta etapa madura deshidratada serán diferentes al exponerlas a condiciones de germinación, bajo diversos tratamientos lumínicos; esta respuesta puede ser modificada por el factor de escarificación.

2. Si la calidad de la luz en que se desarrollen las semillas en plantas madre afecta a los fotorreceptores, y con ello el aporte de biomasa por fotosíntesis, entonces las características generales de las semillas maduras, así como la calidad de su respuesta, serán diferentes.

3. Si las semillas se exponen a diferente calidad de luz durante su desarrollo y deshidratación sobre la planta madre, entonces su estructura y composición histoquímica serán cualitativamente diferentes.

3.1. ASPECTOS GENERALES. *Sicyos deppei* G. Don, es una arvense anual de la familia de las Cucurbitaceas, ampliamente distribuída en el Valle de México, localizándose principalmente en zonas de cultivo y en general en áreas alteradas donde se le considera una maleza agresiva de cultivos básicos.

Las arvenses son especies que poseen una gran plasticidad fenotípica que les permite adaptarse eficientemente a las condiciones cambiantes del entorno.

Baker (1974), considera que una planta es una maleza "si se encuentra en un área geográfica específica y sus poblaciones crecen predominantemente en situaciones con marcada perturbación por el hombre, como es el caso de las áreas cultivadas".

Las especies presentes en la vegetación secundaria nativa de cierta región pueden convertirse en unas malas hierbas cuando se presentan dentro de un monocultivo. En estas zonas, antes del establecimiento de los cultivos, las plantas propias del área debieron haber desarrollado mecanismos de supervivencia al estar sujetas a perturbaciones naturales que les han permitido adaptarse a las condiciones cambiantes.

Las arvenses son plantas que afectan a los cultivos desde su establecimiento hasta su madurez fisiológica. Esto se debe principalmente a la capacidad proliferativa de estas hierbas y a su resistencia a los cambios ambientales, así como a su persistencia en los campos de cultivo. Harper (1960 en Duke 1985), afirma que la plasticidad fenotípica, edad y tamaño en la cual maduran las arvenses influyen en la viabilidad de las semillas producidas. Como consecuencia, se presenta una cierta frecuencia de aparición de estas plantas y se dificulta su control.

La mayoría de las malas hierbas de los cultivos o arvenses son plantas anuales con alta tasa potencial de crecimiento y gran capacidad para producir en condiciones favorables un número elevado de semillas; muchas de ellas se entierran en el suelo y permanecen en estado latente durante largo tiempo, constituyendo en él un reservorio conocido como banco de semillas.

Las semillas pueden permanecer en el banco en estado latente por una temporada variable hasta que se presenten las condiciones ambientales que rompan dicho estado y estimulen el proceso de germinación (Harper 1977).

La repoblación de los terrenos de cultivo se llevará a cabo a partir de estas semillas, cuya respuesta fisiológica en cuanto a capacidad germinativa, viabilidad y vigor, se basa en gran medida en las características que se hayan alcanzado durante el proceso de maduración sobre la planta madre. En ésta etapa se presenta la influencia de factores internos de la planta madre: estado fisiológico, actividad de reguladores del crecimiento y de factores ambientales como el fotoperiodo, calidad de la luz, temperatura y humedad entre otros (Gutterman 1985).

Además de los factores ambientales, la edad de la planta madre y la posición de las semillas en el fruto son factores que afectan la germinación. En zanahoria y apio, se ha reportado que la posición en la que se producen las semillas en plantas madre puede afectar marcadamente su tamaño, las características de la germinación y el vigor de las plántulas (Thomas et al 1978).

3.2. EFECTO DE LA LUZ. La importancia central de la luz en las plantas no se limita únicamente a la captación y transducción de energía por el proceso de la fotosíntesis. Por diversos mecanismos las plantas son también capaces de captar las "señales" lumínicas del medio y responder biológicamente a estas

variaciones con cambios de valor adaptativo que abarcan las distintas fases del ciclo biológico como germinación, floración, etc. Por estos mecanismos, las plantas son sensibles a las variaciones cualitativas, de intensidad y duración de la luz.

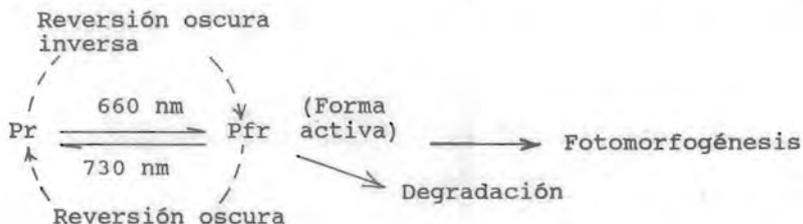
Según Mohr (en Barcelo Coll et al 1990), la fotomorfogénesis es el control por la luz del desarrollo (crecimiento, diferenciación y morfogénesis) de las plantas por un proceso independiente de la fotosíntesis. En ella quedan incluidas las respuestas dadas a través de los fotorreceptores como el sistema fitocromo.

Se ha reconocido ampliamente que la luz roja (660 nm) es más eficiente para la estimulación de procesos como la floración y la germinación, siendo la luz roja lejana (730 nm) la zona del espectro más activa en la inhibición de esta respuesta (Smith 1986).

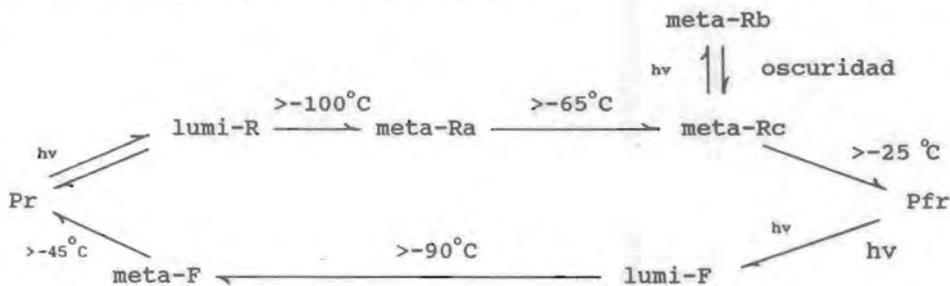
La luz solar directa presenta una relación de luz roja/luz roja lejana (R/RL) con valores altos; pero a medida que pasa por diferentes estratos vegetales, se van reteniendo las longitudes de onda de 660 nm y pasa un mayor flujo de aquellas con 730 nm correspondientes a la luz roja lejana.

El pigmento fotomorfogénico de las plantas mejor conocido es el fitocromo (Borthwick 1952 en: Bradbeer 1988). Es una cromoproteína fotorreversible que controla muchos aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas (Rudiger 1972 en Kendrick y Spruit 1977). A temperaturas fisiológicas, las dos formas estables del pigmento son: Pr con absorbancia máxima en la región roja del espectro y Pfr con absorbancia máxima en la región roja lejana. Pfr es la forma termodinámicamente estable y fisiológicamente activa, a diferencia del Pr que corresponde a la forma metabólicamente inerte o inactiva (Kendrick y Spruit 1977).

Es característico del fitocromo, la fotoconversión de doble vía:



Por medio de la temperatura y de irradiaciones especialmente de alto flujo, se forman intermediarios en este proceso de conversión. Iniciando con Pr se produce lumi-R que es el primer intermediario estable, con irradiación y una temperatura menor a los  $-100^{\circ}\text{C}$ . El siguiente intermediario, meta-Ra, puede formarse por calentamiento de una muestra que contenga lumi-R y una temperatura entre  $-100^{\circ}\text{C}$  y  $-65^{\circ}\text{C}$  o por irradiación del Pr dentro de este rango de temperatura. El siguiente intermediario es meta-Rc, siendo estable entre  $-65^{\circ}\text{C}$  y  $-25^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente el Meta-Rb, puede formarse a partir del Pr nativo solamente durante la irradiación, especialmente a altos flujos, pero inmediatamente se forma meta-Rc en la oscuridad. El producto final Pfr, resulta de meta-Rc o eventualmente de meta-Rb, por encima de  $-25^{\circ}\text{C}$ . En cambio, en la conversión de Pfr a Pr, hay sólo dos intermediarios característicos: lumi-F y meta-F (Rudiger 1986, Attridge 1990).



Esquema de los intermediarios del fitocromo (Eilfeld y Rudiger 1985 en Attridge 1990).

Trabajos recientes (Smith y Whitelam 1990, Whitelam y Smith 1991) consideran al fitocromo como una familia de fotorreceptores que regulan el desarrollo de las plantas en respuesta a las condiciones de luz ambiental.

Las múltiples formas de fitocromo, con algunas diferencias espectrofotométricas y bioquímicas, son codificadas por una familia de genes sujetos a expresión diferencial en respuesta al ambiente y a los factores de desarrollo.

Las distintas respuestas fisiológicas reguladas por el fitocromo se podrían explicar partir de las modificaciones de la función primaria, que puede adoptar el fotorreceptor de acuerdo al papel que realice. Así, se pueden asignar diferentes funciones de la planta a distintos miembros de la familia de fitocromos.

Se ha propuesto que el fitocromo puede controlar la fotomorfogénesis por medio de dos reacciones:

- a) Reacción de Baja Energía o Irradiancia (Low Energy Reaction = LER).
- b) Reacción de Alta Irradiancia (High Irradiance Reaction = HIR) (Kendrick y Spruit 1977).

Una gran proporción de los procesos fisiológicos inducidos por la luz, han mostrado gran efectividad después de una breve exposición a la luz roja (R). Una subsecuente exposición a la luz roja lejana (RL) resulta en una inhibición de este efecto.

Una de las características principales del sistema fitocromo es que se requieren tratamientos de luz de baja energía y de tiempo corto, para convertir el fitocromo de su forma Pr a Pfr y viceversa.

Tales respuestas ante estímulos breves de luz, están en función del flujo; así, si el flujo de luz roja requerido para

una respuesta, se encuentra en el rango de 1 a  $10^3$   $\mu\text{mol m}^{-2}$ , a la respuesta se le denomina de Baja Energía o de Bajo Flujo (LER) (Kronenberg y Kendrick 1986).

Estas se pueden ejemplificar con la germinación de las semillas de lechuga Grand Rapids, variedad sensible a la luz, que puede ser estimulada por periodos cortos de R y revertida por periodos cortos de RL. Se ha observado que al dar tratamientos repetidos de R y RL, la respuesta de germinación siempre depende de la última irradiación.

Sin embargo, se ha registrado un cierto número de respuestas que tienen un requerimiento absoluto de irradiación continua o cuya respuesta se vé fuertemente afectada por ella. A estas se les conoce como Reacciones de Alta Irradiancia (HIR) y en ellas es importante la duración de la irradiación, pero también son fuertemente dependientes del flujo.

En un principio, se hablaba a favor de un nuevo fotorreceptor, independiente del fitocromo. Sin embargo, Hartmann (1966) demostró que el fitocromo está implicado como receptor responsable.

Los estudios sobre fotomorfogénesis realizados en plántulas etioladas, que se expusieron posteriormente a periodos largos de irradiación, mostraron que la luz más efectiva correspondía a las regiones del Rojo Lejano y del Azul del espectro. Aunque la luz roja es más efectiva cuando se le dá como un pulso en las reacciones de baja energía, se convierte en menos efectiva que la luz roja lejana, cuando se usan irradiaciones prolongadas.

Por el contrario, en trabajos realizados con semillas, la reacción de alta irradiancia inhibe la germinación, es decir, es antagonista de la reacción inductiva de baja irradiancia. Kendrick y Frankland (1969 en Attridge 1990), reportan que *Amaranthus caudatus* germina en la oscuridad, pero puede ser

inhibida si la germinación la realiza a través de periodos prolongados de luz roja lejana o luz blanca. Para promover su germinación, las semillas colocadas en luz blanca necesitan ser transferidas a la oscuridad. En este caso, la longitud de onda más efectiva para la inhibición de la germinación fue 720 nm, donde se propone que estuvo involucrada la reacción de alta irradiancia.

El efecto que puede tener la luz sobre la germinación depende de la intensidad, duración y calidad (longitud de onda) de la irradiación incidente, e incluye la historia total previa de la semilla durante su desarrollo en la planta madre y etapas subsecuentes.

Orozco-Segovia (1989), menciona que como un marco para la complejidad de los hechos que acompañan a la semilla desde su separación de la planta madre hasta el momento de su germinación, están las condiciones de luz y temperatura en las que se desarrolla la floración y fructificación que a su vez afectan la respuesta germinativa.

La variación en el fenotipo de las semillas, puede ser determinado por su genotipo, por el ambiente en que se encuentra, así como también por la influencia que se ejerció sobre las semillas durante su desarrollo y maduración, cuando todavía se encontraban unidas a la planta. Este último fenómeno se conoce como efecto materno e incluye al conjunto de influencias que tienen lugar antes de la dispersión de las semillas. En el efecto materno fenotípico, tanto el ambiente como el genotipo de la planta, pueden influir sobre la estructura o la fisiología de los descendientes (Roach y Wulff 1987).

Enfocando sólo las condiciones ambientales del efecto materno, éstas pueden ejercer una influencia transitoria en las semillas, que no induce cambios genéticos, pero que perdura en la primera generación y en ocasiones hasta la segunda.

Diversos estudios experimentales han demostrado que al cambiar el ambiente de la planta, como la humedad de la estación (Schimpf 1977), la temperatura (Alexander y Wulff 1985), el abastecimiento de nutrimentos (Willson y Price 1980), entre otros, se presenta un efecto importante en el tamaño y el peso de las semillas descendientes, que se ha correlacionado directamente con las características de germinación (Cideciyan y Malloch 1982; Dolan 1984; Wulff 1985).

Debido a que el desarrollo de la plántula depende del material almacenado en la semilla, los efectos maternos sobre esta última, tienen una mayor influencia en la determinación del fenotipo juvenil, que el ambiente en que se encuentra la diáspora.

Cabe recordar que todas las estructuras que rodean al embrión y al endospermo, durante el desarrollo y maduración de los propágulos, son tejidos maternos los cuales juegan un papel determinante en el establecimiento de la latencia de la semilla, en su dispersión y en sus características de germinación.

Cresswell y Grime (1981) detectaron que las estructuras fotosintéticas que recubren a la semilla durante su maduración imponen un requerimiento diferente de luz para la germinación. Lo anterior debido a la capacidad de filtración que realizan las cubiertas verdes, al dejar pasar luz enriquecida en longitud de onda en el rojo lejano con una baja relación R/RL. Las semillas que maduran dentro de tejidos verdes podrían tener su fitocromo en mayor proporción en la forma inactiva (Pr), requiriendo de estímulo lumínico para la germinación. Los autores relacionan la permanencia de clorofila en las cubiertas de las semillas maduras con las necesidades de luz para la germinación.

En general, los factores que actúan durante la maduración y deshidratación de las semillas, pueden afectar la germinación a

través de la influencia que ejercen sobre su cubierta seminal o sobre el embrión mismo. En el primer caso, los cambios pueden estar relacionados con el grosor (Dorne 1981) o con la impermeabilidad de la cubierta, conocida como cubierta dura (Marbach y Mayer 1974). En el segundo, los factores ambientales afectan el grado de desarrollo del embrión, o promueven el cambio de enzimas, hormonas o inhibidores, que se reflejan en la respuesta de germinación.

Diversos autores han reportado que la iluminación de las semillas con luz roja y luz roja lejana durante la maduración, afectan su respuesta de germinación (Shropshire 1973, Gutterman 1977 y 1982). Los frutos de *Cucumis sativus* tratados sobre plantas madre con luz roja y luz roja lejana durante su maduración, tuvieron una respuesta diferencial al exponerlas a la oscuridad y a la luz roja lejana, germinando más rápidamente en la oscuridad, aquellas que fueron tratadas con luz roja, debido a la mayor acumulación del fitocromo en su forma activa (Gutterman 1977).

El fitocromo, también es el pigmento fotorreceptor que controla la respuesta germinativa de las semillas y actúa como desencadenador del proceso. A esta respuesta regulada por la luz, se le conoce como fotoblastismo.

Según la respuesta de las semillas al estímulo lumínico pueden agruparse en tres categorías (Come 1970):

Fotoblásticas positivas.- La germinación es favorecida por la luz. Se estima que el 70% de las especies son de este tipo.

Fotoblásticas negativas.- La germinación es inhibida por la luz y favorecida por la oscuridad. Representan el 25% de las especies.

Semillas no fotosensibles.- Su germinación es indiferente a la luz. Representan aproximadamente el 5% de las especies.

Los estudios sobre semillas fotoblásticas positivas son abundantes, mientras que los relacionados con semillas fotoblásticas negativas son poco comunes.

Se han reportado como semillas fotoblásticas negativas las de *Nigella sativa* (Crocker 1948 en: Labouriau 1983) *Galium spurium* (Malik y Vanden Born 1987), *Citrullus lanatus* (Botha y Small 1988); sin embargo su estudio se ha enfocado al efecto de la luz sobre las semillas deshidratadas y no se cuenta con referencias relacionadas con el efecto de la luz en la etapa de maduración y deshidratación de las semillas.

La luz es uno de los factores a través de los cuales el ambiente altera más notablemente el crecimiento y la forma de las plantas. Además de la vía de los fotorreceptores para el control del crecimiento, la luz regula esta respuesta por medio del proceso fotosintético, proporcionando el carbono, energía y demás recursos esenciales para el funcionamiento de las plantas verdes (Cosgrove 1986).

En el ambiente natural las plantas se exponen a periodos de irradiación con flujos que modulan respuestas de crecimiento en sus tallos, hojas y demás órganos, dependiendo de las características particulares de cada uno de ellos.

El ambiente lumínico en que se desarrollen los tejidos fotosintéticos determina el tamaño y la complejidad en la organización del cloroplasto. Se han reportado diversos cambios en la anatomía de la hoja y en la organización de la membrana de los cloroplastos cuando se sometieron a tratamientos con diferentes condiciones lumínicas, con las especies: *Hordeum vulgare* (Buschmann et al 1978); *Glicine max* (Eskins y Duysen 1984); *Prunus persica* (Nii y Kuroiwa 1988); *Spinacia oleracea* (Deng et al 1989, Cui et al 1991) y *Fuchsia magellanica* (Aphalo et al 1991). Específicamente se han encontrado diferencias

significativas en la estructura de los cloroplastos cuando se compara su desarrollo en luz natural y luz roja lejana (Eskins y Duysen 1984, Glick et al 1985).

Hay evidencias en la literatura que muestran que la luz absorbida por el fitocromo y otros sistemas de pigmentos, influye en el desarrollo de los cloroplastos. El efecto de la luz sobre este complejo sistema, depende del estado del plasto, de la calidad y cantidad de luz, así como del tejido que se esté investigando (Anderson 1986, Attridge 1990).

Son bien conocidos los efectos de la calidad (Boardman 1977 y Smith 1986) y de la cantidad de luz (Bjorkman 1981) en el crecimiento de las plantas y en la fotosíntesis donde se ha dedicado particular atención a los estudios relacionados con las hojas. A la actividad fotosintética del fruto sólo se le ha dado importancia recientemente, aunque por unidad de clorofila, la tasa fotosintética es comparable a la que realizan las hojas (Sestak y Catsky 1967 en: Blanke et al 1989).

3.3. LATENCIA. Debido a los problemas que causan las malezas a la agricultura, así como por su importancia ecofisiológica es relevante el conocimiento de su biología y particularmente de su latencia con el propósito de avanzar en su control. En los últimos años se han generado muchos trabajos en ésta área y se han llevado a cabo amplias revisiones sobre el tema (Vegis 1964, Amen 1968, Taylorson y Hendricks 1977; Khan 1982). Este fenómeno se considera como la suspensión del crecimiento, caracterizado por una detención parcial del metabolismo el cual constituye un punto vital en la preservación del potencial de crecimiento y de la integridad biológica (Amen 1968).

En semillas de muchas malezas, la latencia es una propiedad que las capacita para sobrevivir en ambientes desfavorables para el crecimiento de las plantas, las cuales

germinan un tiempo más tarde cuando las condiciones les sean propicias. La latencia en plantas superiores puede considerarse como una capacidad de adaptación a las condiciones ambientales prevalecientes.

Hay varias formas de clasificar a la latencia, pero en general la mayoría de los autores coinciden en que de acuerdo al origen la latencia puede ser primaria, cuando la expresan las semillas recién maduradas en la planta madre; y secundaria cuando es adquirida posteriormente por las semillas quiescentes, las que no germinan debido a que fueron alteradas por exposición durante algún tiempo a condiciones que no permiten la respuesta germinativa (Khan 1982, Labouriau 1983, Bewley y Black 1985, Duke 1985, Baskin y Baskin 1985, Bradbeer 1988).

Amen (1968) afirma que hay varias causas que pueden producir latencia en las semillas, destacando entre otras las siguientes:

- 1) Presencia de embriones rudimentarios.
- 2) Producción de embriones fisiológicamente inmaduros
- 3) Resistencia mecánica de la cubierta.
- 4) Impermeabilidad de la cubierta seminal.
- 4) Presencia de inhibidores de la germinación.

La latencia de las semillas puede ser alterada cuando ellas se exponen durante un tiempo determinado a condiciones que activan la germinación. La latencia puede eliminarse por la acción de un factor, o por el efecto combinado de dos o más estímulos. EL rompimiento de la latencia se puede llevar a cabo por diferentes métodos dependiendo de las condiciones particulares de la semilla. Entre los métodos más comunes se pueden mencionar: la escarificación, la estratificación, la fotoexcitación, las condiciones de almacenamiento en seco, la lixiviación, la aplicación de reguladores del crecimiento y de otras sustancias químicas ( Karssen 1982, Bradbeer 1988).

3.4. CARACTERISTICAS GENERALES DE *Sicyos deppei*. La planta de *S. deppei* es una maleza anual de vegetación secundaria, cuya propagación se lleva a cabo por medio de semillas que forma bancos en el suelo. El surgimiento de nuevas generaciones se presenta desde el inicio de la época de lluvias y se prolonga a través de la temporada, con una emergencia asincrónica de plántulas que inician desde ese momento la competencia con los cultivos.

El combate de la maleza ha implicado la combinación de métodos no sólo tradicionales sino químicos, que en muchas ocasiones implican altos riesgos tóxicos (entrevistas personales con agricultores). La planeación de métodos de control más eficientes, requieren de un conocimiento biológico profundo que permita un diseño apropiado de los mismos.

Trabajos realizados por Baker (1974), Agundis (1984) y Duke (1985), se han orientado en forma general al conocimiento de la biología de las arvenses, así como a implementar formas de control.

#### 3.4.1. UBICACION TAXONOMICA (Cronquist 1988).

DIVISION: Magnoliophyta.

CLASE : Magnoliopsida.

SUBCLASE: Dilleniidae.

ORDEN : Violales.

FAMILIA : Cucurbitaceae.

GENERO : *Sicyos*.

ESPECIE : *Sicyos deppei* G. Don.

3.4.2. DESCRIPCION ESPECIFICA. *Sicyos deppei* G. Don, es una hierba trepadora anual con tallos ramificados de varios metros de largo; zarcillos 3-4-fidos, subglabros; hojas con peciolos de 1 a 9 cm de largo, hirsutos, limbo ovado, de 2 a 15(20) cm de largo y de ancho, (3)5-7-lobado o angulado, lóbulo

terminal triangular-oblongo, ápice acuminado, márgenes serrulados, base profundamente cordada; inflorescencias masculinas sobre pedúnculos; flores con pedicelos; corola amarillo-verdosa; inflorescencia femenina en glomérulos, sobre pedúnculos (Rodríguez 1985).

3.4.3. DESCRIPCION DE LA DIASPORA. El fruto de *S. deppei* es triangular-ovoide, de 6 a 8 mm de largo, de color café o negro; al madurar, con cerdas espinosas frágiles, caducas de color amarillo de 2 a 4 mm de largo, levemente tuberculado, indehiscente y monospermico con su semilla en disposición vertical (Rodríguez 1985).

El fruto es sincárpico, procede de un ovario infero. El ovario contiene un óvulo anátropo, bitémico, crasinucelado, sésil y con placentación parietal (Hardy 1976 y Alcazar 1990).

La cubierta seminal de las Cucurbitaceae deriva del tegumento externo del óvulo, ya que el tegumento interno degenera rápidamente durante el desarrollo de la semilla (Singh 1953).

La testa es muy dura e impermeable al agua, cualidad que determina comportamientos fisiológicos interesantes en esta familia; los cuales tienen un significado muy especial en el género *Sicyos*.

3.4.4. DISTRIBUCION. Diversos trabajos mencionan que *S. deppei* tiene una amplia distribución en el Valle de México, principalmente en el Sur y Sureste, donde se ubica en alturas comprendidas entre los 2250 y los 2750 msnm. Se encuentra de San Luis Potosí y Jalisco a Veracruz, preferentemente en matorrales secundarios, orillas de caminos, terrenos de cultivo y en general en áreas perturbadas, donde se le conoce como "tatana", "atatana", o "chayotillo" (Rodríguez 1985).

Según los registros del Herbario Nacional de la UNAM (MEXU), así como los datos recientes de colecta (Zepeda 1988), *S. deppei* aparece reportada en nueve Estados del País, destacando su presencia en Michoacán, Querétaro, Valle de Toluca, Estado de México, Valle de Tlaxcala, Guanajuato, Jalisco, Hidalgo, Puebla y Veracruz, donde se le encontró significativamente en caminos y en cultivos principalmente de frijol, cebada, trigo y maíz.

3.4.5. IMPORTANCIA ECONOMICA. *S. deppei* causa daños directos e indirectos a los cultivos que invade. En forma directa, compete con las plantas cultivadas por humedad, luz y nutrimentos, ocasionando disminución en la producción. Además de ello, utiliza como soporte a las plantas de maíz, evitando su óptimo crecimiento y en muchos casos provocando el acame de las mismas lo que favorece el ataque de roedores o microorganismos a las mazorcas que quedan cerca del suelo. En forma indirecta, ésta maleza frecuentemente se convierte en un reservorio de una rica entomofauna y de otros patógenos que afectan a los cultivos, (Anaya et al 1981 y Román et al 1991).

*S. deppei* con una frecuencia de aparición de 21.4 es una de las principales especies de malezas de hoja ancha presentes en cultivos de maíz en el Distrito 04 de Querétaro, donde se siembran 40000 hectáreas de maíz (Zepeda 1991).

La emergencia y desarrollo de la arvense *S. deppei* en los terrenos cultivados afecta el rendimiento de las cosechas. Zepeda (1988), menciona que su alta densidad de población en cultivo experimental, produjo una reducción estadísticamente significativa (33%) en el rendimiento de grano del maíz en relación al testigo. Esta reducción estuvo relacionada con una disminución significativa en la longitud y diámetro de las mazorcas.

3.4.6. INVESTIGACIONES REALIZADAS. Específicamente en relación con *S. deppei*, objeto de esta investigación, se han realizado en México trabajos sobre su control químico (Gonzalez 1985), sobre su biología y el efecto de poblaciones naturales en la producción de maíz (Zepeda 1988), germinación y establecimiento de plántulas (Cruz 1989), desarrollo e histoquímica de la semilla (Alcázar 1990), capacidad de infestación de semillas sometidas a un ambiente húmedo (Osuna 1990), influencia de la temperatura en la ruptura de la latencia de las semillas (Wong 1991), efecto de las condiciones ambientales en primavera-verano sobre la fructificación y germinación (Brechú-Franco et al 1991), entomofauna asociada (Anaya et al 1981, Román et al 1991) y efecto de la escarificación y la luz en la germinación de semillas (Brechú-Franco et al 1992).

Es importante destacar que de las investigaciones realizadas enfocadas a conocer el efecto de factores ambientales sobre la germinación de las semillas, ha surgido el interés por conocer el efecto de la calidad de la luz y su influencia en la maduración y respuesta fisiológica de las semillas desarrolladas en plantas madre, como una opción para obtener conocimientos biológicos básicos que permitan una mejor interpretación del comportamiento de las semillas, fuente de nuevas repoblaciones.

Comprende 3 etapas que se iniciaron con la colecta de semillas maduras deshidratadas a partir de plantas que invadían cultivos de maíz en San Pedro Atocpan, México D. F. La segunda etapa consistió en el desarrollo de un cultivo de *S. deppei*, en el Vivero Alto de la UNAM, México D. F, para someter a los frutos en desarrollo, a 2 condiciones lumínicas: a) Luz directa del sol (sin filtro) y b) luz roja lejana (con filtro artificial de micas en forma de cono). La tercera etapa se llevó a cabo en el laboratorio de Citología en condiciones controladas, para conocer las características generales y la estructura de las semillas desarrolladas en campo con y sin filtro, así como su respuesta fisiológica ante distintas condiciones de luz durante su germinación.

La metodología general llevada a cabo en las diferentes maniobras experimentales se ilustra en la Fig. 1. Antes de iniciar la descripción de cada etapa, se señalan algunos procedimientos generales y las características de los materiales empleados.

#### 4.1. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS GENERALES.

4.1.1. FILTROS DE LUZ. Para lograr el desarrollo de las semillas en plantas madre bajo diferentes calidades de luz (luz natural y luz roja lejana), se colocaron filtros de mica de forma cónica cubriendo las infrutescencias, los que permitieron controlar la longitud de onda que recibieron las semillas durante su desarrollo y maduración.

Nota: En el presente trabajo, se utilizó el término SEMILLA como sinónimo de DIASPORA, ya que es la forma como la planta dispersa sus propágulos. La diáspora está constituida por: embrión, testa y pericarpio seco.

CULTIVO DE PLANTAS DE *Sicyos deppei* EN CONDICIONES DE CAMPO  
(CASAS DE SOMBRA)

ETIQUETADO DE INFLORESCENCIAS  
Y COLOCACION DE FILTROS DE LUZ RL  
PARA LOS TRATAMIENTOS CON Y SIN FILTRO

FRUTOS DESHIDRATADOS  
CON Y SIN FILTRO

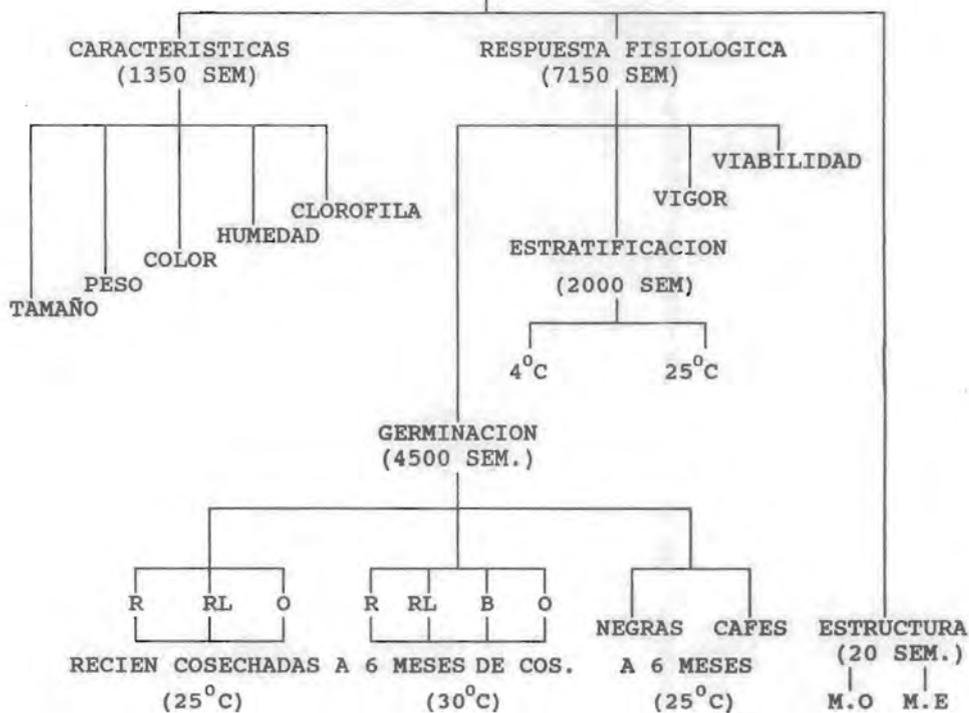


Fig. 1. Diagrama del proceso metodológico general. B = luz blanca  
COS = cosecha, ME =microscopio electrónico, MO =microscopio  
óptico, R = luz roja, RL = luz roja lejana, O = oscuridad,  
SEM = semillas.

Las micas roja GAAM-COLOR N° 245 y azul GAAM-COLOR N° 905, se evaluaron en el laboratorio con un espectro-radiómetro LI-1800 (LI-COR, inc. USA) y se seleccionaron como filtros tanto para el desarrollo en campo, como para las pruebas en las cámaras de germinación, por sus propiedades para la regulación de la calidad de la luz, homogeneidad de superficie y resistencia al deterioro ambiental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas de los filtros instalados en el cultivo de *S. deppei* y en los dispositivos de germinación en el laboratorio. QR = Relación R/RL, QI = Intensidad luminosa total de 300 a 850 nm, PP = Radiación fotosintéticamente activa.

| Condición evaluada                       | Parámetros                                  |         |         |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------|---------|
|                                          | QR                                          | QI      | PP      |
|                                          | ( $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) |         |         |
| Filtro rojo con luz fluorescente         | 1.3860                                      | 16.540  | 8.983   |
| Filtro rojo con luz solar                | 0.7517                                      | 0.019   | 0.006   |
| Filtro rojo + azul con luz incandescente | 0.0023                                      | 52.810  | 1.870   |
| Luz natural (luz solar)                  | 1.0830                                      | 591.800 | 352.200 |
| Filtro rojo + azul con luz solar         | 0.0028                                      | 236.500 | 12.200  |

De acuerdo a los espectros de absorción de los filtros en las diferentes condiciones evaluadas, se eligió trabajar con la mica roja para obtener la condición de luz roja en el laboratorio y con la superposición de las micas roja y azul para lograr la luz filtrada roja lejana tanto en campo, como en laboratorio (Fig. 2).

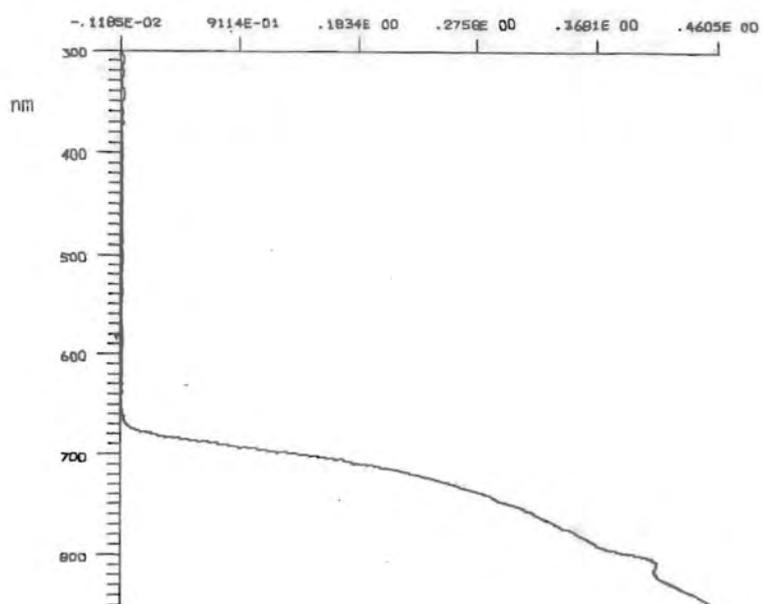
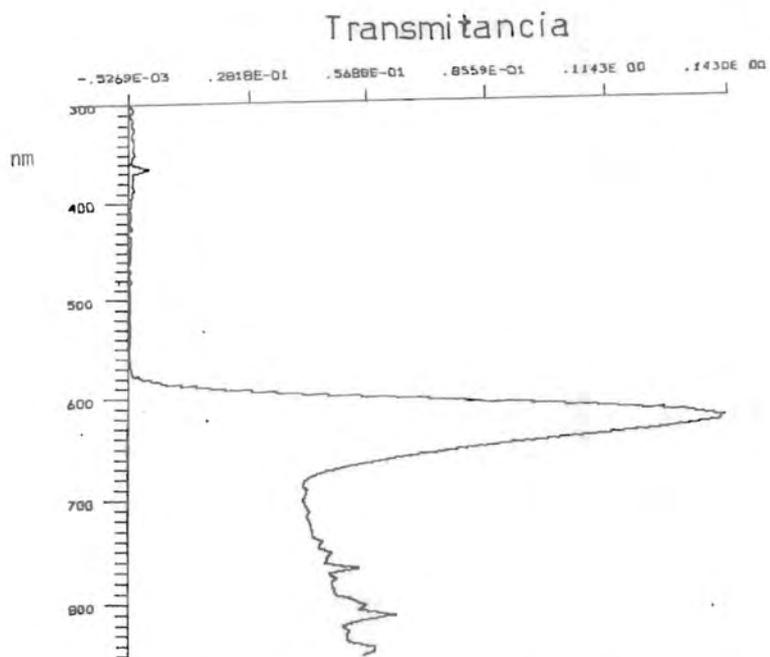


Fig. 2. Transmitancia de los filtros GAAM-COLOR para luz: (A) luz roja con una mica roja No 245 y luz fluorescente, (B) luz roja lejana con una mica roja No 245 y una azul No 905 con luz incandescente.

4.1.2. CONDICIONES DE GERMINACION. Se emplearon dos procedimientos para colocar en condiciones de germinación a las semillas. Uno de ellos fue en cajas Petri con 3 discos de papel absorbente en la base, humedecidos con 3.5 ml de solución desinfectante de Captan 50 al 0.2%, sobre los cuales se colocaron las semillas. El segundo consistió en el uso de "muñecas" de papel absorbente de 27 x 22 cm, utilizando 4 hojas humedecidas con Captan 50 a la misma concentración: dos hojas debajo de las semillas y 2 cubriéndolas. En estas condiciones se enrollaron las toallas y se colocaron en forma vertical, dentro de bolsas de polietileno para evitar la pérdida de humedad.

4.1.3. ESCARIFICACION. Las semillas correspondientes a los tratamientos que requirieron de escarificación se sometieron a un desgaste mecánico de su cubierta seminal utilizando papel lija N° 120. Este proceso se aplicó solo en la región calazal.

#### 4.2. COLECTA DE LAS SEMILLAS DESARROLLADAS EN PLANTAS INVASORAS DE CULTIVOS BASICOS.

Se realizó en Noviembre de 1990 en campos cultivados con maíz en San Pedro Atocpan D. F. donde se colectaron al azar semillas de 20 plantas distribuidas en un área de aproximadamente 1 hectárea, y de esta forma, se obtuvieron las primeras semillas.

Se llevó a cabo una selección, eligiendo las semillas maduras deshidratadas. Se consideró como semilla madura de *S. deppei*, aquella unidad de dispersión que se desprendía fácilmente de la infrutescencia y tenía las siguientes características: color café o negro, peso promedio de 0.023 g y una longitud promedio de 6.1 mm. Se excluyeron del presente estudio las semillas vanas, malformadas, perforadas y aquellas con tamaño, peso y color diferente al estipulado.

Con una porción de esta población de semillas se hicieron en el laboratorio las pruebas de germinación preliminares que permitieron saber el porcentaje de semillas latentes de la población seguidas posteriormente por la siembra en campo durante la temporada de lluvias, en las condiciones ambientales de la Ciudad de México D.F. en su Zona Sur (UNAM).

#### 4.3. TRABAJO DE CAMPO.

La siguiente etapa se efectuó en el Vivero Alto del Jardín Botánico de la UNAM, donde se realizó el cultivo en condiciones de campo dentro de casas de sombra, a partir de las semillas seleccionadas que se colectaron en San Pedro Atocpan.

El trabajo de campo que se llevó a cabo en este estudio comprendió dos fases. En la primera, se preparó el terreno y se construyeron las casas de sombra para realizar, en la segunda fase, las labores relacionadas con el cultivo de *S. deppei* y la aplicación de tratamientos de luz en condiciones de campo (infrutescencias desarrolladas con filtro y bajo luz natural), concluyendo con la cosecha de las semillas maduras deshidratadas.

4.3.1. PREPARACION DEL TERRENO. Se eligió un terreno de aproximadamente 150 m<sup>2</sup>, ubicado en el Vivero Alto del Jardín Botánico de Ciudad Universitaria, el cual se acondicionó para el cultivo ejecutando las siguientes labores: deshierbe, escarda manual, adición de tierra de hoja fertilizada, nivelación y homogenización. Una vez preparado el suelo se trazaron surcos a una distancia de 0.80 m entre ellos y se hicieron huecos cada 0.50 m, donde se ubicaron posteriormente las plantas obtenidas a partir de la germinación en las casas de sombra de semillas colectadas en San Pedro Atocpan en 1990.

4.3.2. CONSTRUCCION DE CASAS DE SOMBRA. Para realizar los cultivos en condiciones de campo y protegerlos de las posibles heladas y granizadas, se construyeron dos casas de sombra. Una de las casas se hizo con soportes de madera empleando un área de  $60.3 \text{ m}^2$  y la otra se construyó con soportes metálicos ya prefabricados, delimitando un área de  $33.88 \text{ m}^2$  (Fig. 3).

Las dos casas se cubrieron con malla de mosquitero de plástico, la que permitió el paso de la luz natural con una relación R/RL de 1.44 (Cuadro 2). En los extremos de las dos casas se colocó malla de gallinero para facilitar la entrada de polinizadores y un adecuado intercambio con las condiciones ambientales externas. Igualmente, se instalaron en las dos estructuras tutores de alambre, tanto en posición horizontal como vertical, que sirvieron de guía al crecimiento de las plantas.

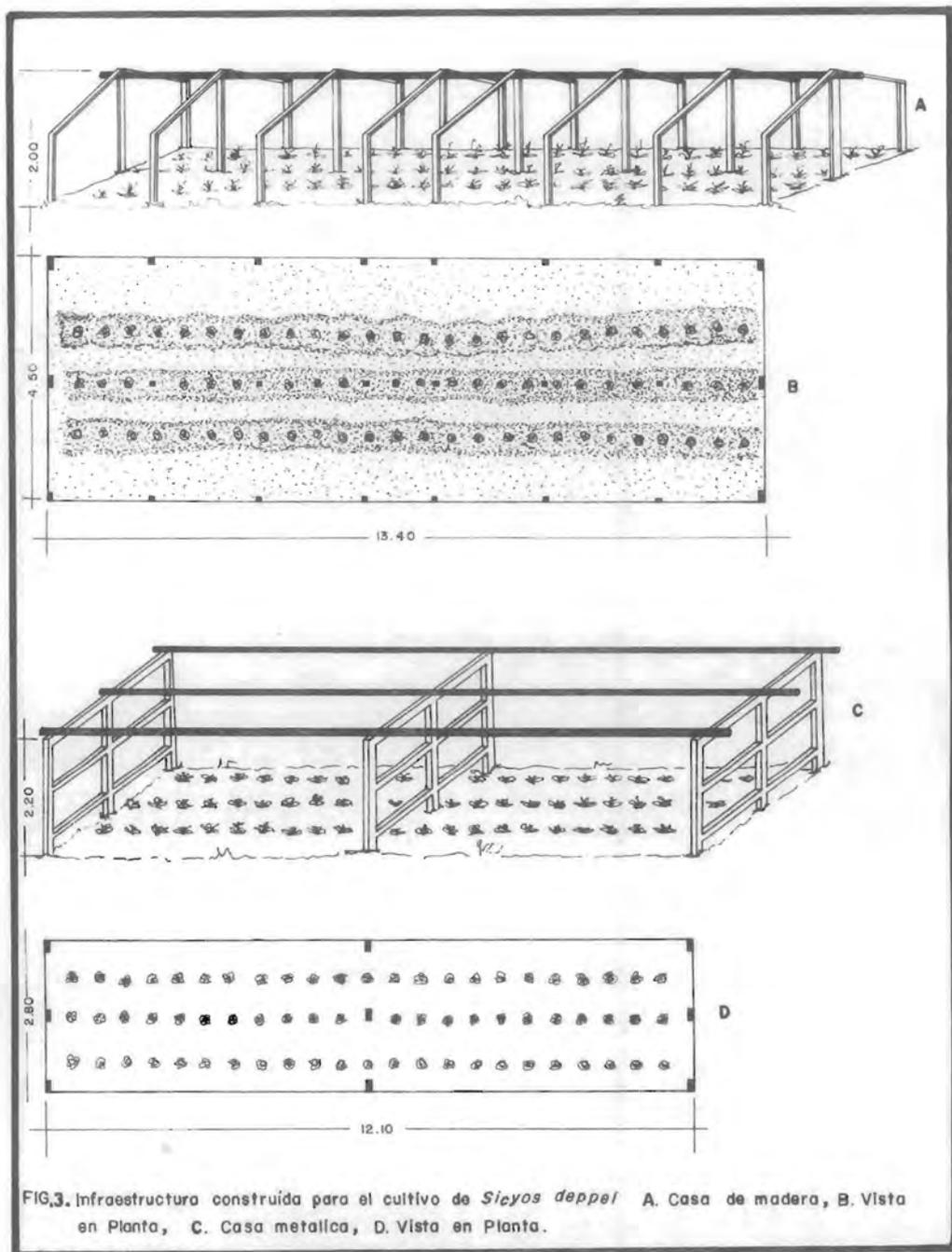


FIG.3. Infraestructura construida para el cultivo de *Sicyos doppel* A. Casa de madera, B. Vista en Planta, C. Casa metalica, D. Vista en Planta.

4.3.3. DESARROLLO DEL CULTIVO DE *S. deppei*. Las semillas de *S. deppei* seleccionadas de acuerdo a los criterios de inclusión definidos, se escarificaron mecánicamente y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 4%.

La siembra se realizó el 15 de Mayo de 1991, en bolsas de polietileno negro de 1 kg, que contenían tierra preparada. Se colocaron 4 semillas por bolsa, se regaron y se instalaron en el interior de una de las casas de sombra. En total se utilizaron 107 bolsas y 428 semillas.

El transplante se llevó a cabo entre el 3 y el 8 de Julio, una vez que las plántulas alcanzaron una altura promedio de 30 cm, seleccionando para cada una de las casas 80 ejemplares más o menos homogéneos (con 4 a 5 hojas definitivas y de color verde oscuro), de un total de 184 plantas que emergieron.

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron las siguientes labores: riego, fertilización, aporcamiento, guía en los tutores y control de plagas. En forma permanente se llevaron registros de humedad relativa, temperatura máxima y mínima, y precipitación. Los registros obtenidos se complementaron con datos ambientales recabados en el Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía adscrito a la Facultad de Filosofía y Letras, ubicado en Ciudad Universitaria (Cuadros A, B y C en Apéndice) (Fig. 4). Las determinaciones micrometeorológicas (temperatura y % de humedad relativa) y calibración de equipos se realizó de acuerdo a Barradas (1988, 1989).

4.3.4. MARCAJE DE INFRUTESCENCIAS. Una vez transcurridas 2 semanas después de la anthesis, cuando los frutos alcanzaban 0.7 cm de longitud en promedio, se inició el marcaje de las infrutescencias simultáneamente en las 2 casas de sombra. Se utilizaron etiquetas para colgar, con símbolos en colores, con el objeto de localizarlas entre el follaje.

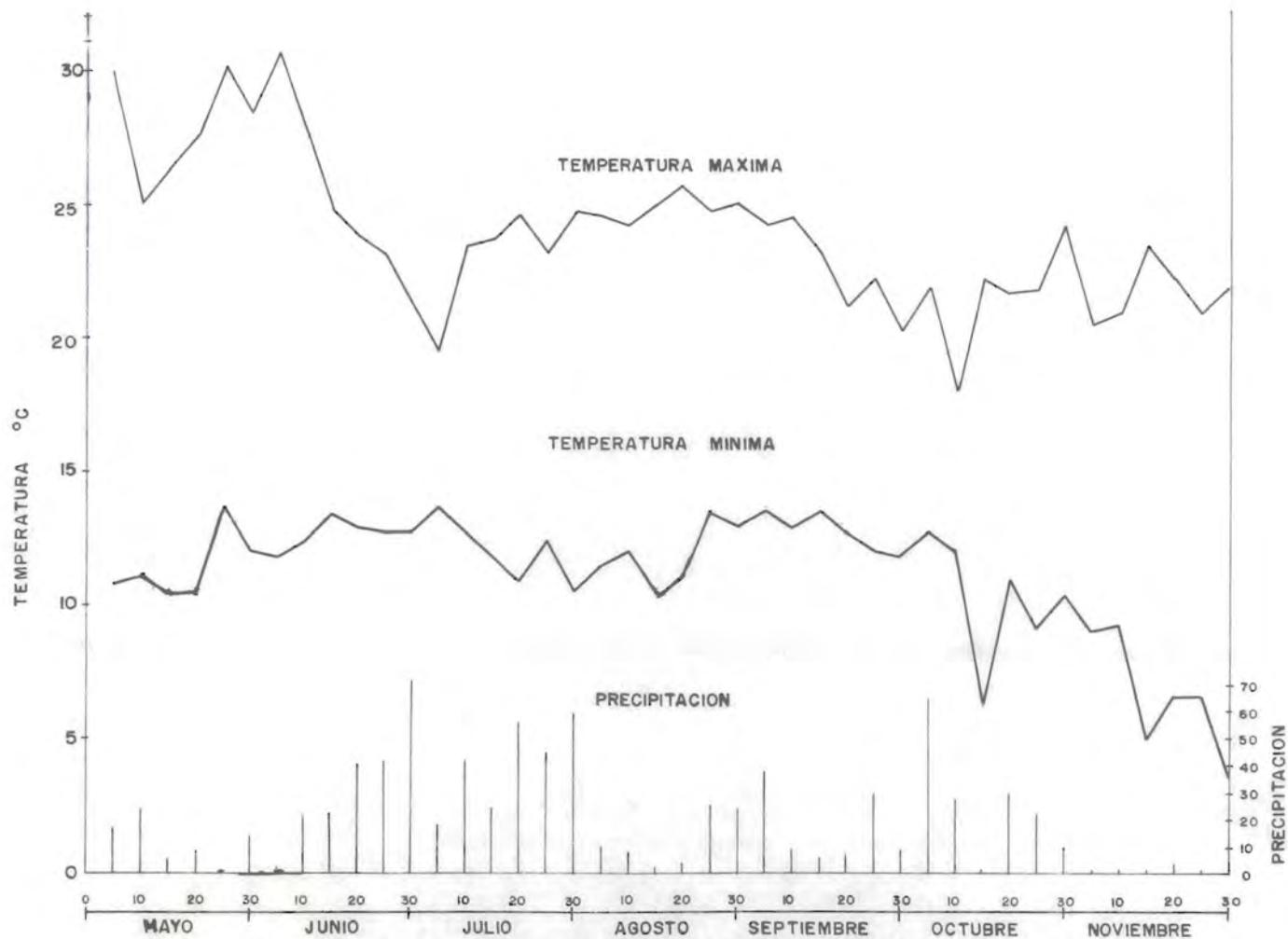


FIG. 4. Precipitación, Temperaturas Máximas y Mínimas registradas en el Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía -UNAM- México, D.F., durante los meses de mayo a noviembre de 1991. Para precipitación cada línea es la acumulación de 5 días y para temperatura cada punto representa el promedio de 5 días.

Para las pruebas de contenido de humedad, vigor, viabilidad y efecto de la calidad de la luz, el marcaje comprendió desde el 20 al 25 de octubre de 1991, con el objeto de cosechar semillas maduras deshidratadas del 20 al 25 de noviembre del mismo año.

El marcaje para las pruebas de estructura se realizó en distintos periodos: septiembre, octubre y noviembre. La colecta se llevó a cabo tomando como base el color de las semillas, que reflejaba el estado de maduración y grado de deshidratación; así, las cosechas de frutos hidratados y deshidratados, se efectuaron el 5 y 24 de octubre, 26 de noviembre y 14 de diciembre de 1991.

Para estudiar el desarrollo de las semillas en plantas madre bajo diferentes calidades de luz (luz natural y luz roja lejana), se colocaron filtros de mica de forma cónica, sobre un 50% de las infrutescencias marcadas (aquellas que iban a recibir luz roja lejana). Los filtros se distribuyeron al azar en diferentes niveles de las plantas trepadoras. Cada cono se construyó empalmado una mica roja y una mica azul, marca GAAM-COLOR N<sup>o</sup> 245 y 905 respectivamente, que cubría toda la infrutescencia. Así, de las 1350 infrutescencias marcadas, a 675 se les colocaron filtros.

La colecta del material se hizo 4 semanas después del marcaje, cuando los frutos ya se habían deshidratado. A partir de estas semillas se tomaron muestras para llevar a cabo las evaluaciones de: tamaño, peso, color, contenido de humedad, vigor, viabilidad germinación y estructura.

Para las pruebas de contenido de clorofila, las infrutescencias se marcaron 1 semana después de la antesis y se sometieron a las condiciones de luz filtrada por medio de los conos de mica y de luz natural. A partir de este momento, se

correspondientes a cada tratamiento de luz, con el propósito de hacer un seguimiento del cambio en contenido de clorofila durante el desarrollo y deshidratación de las mismas.

Se midió en el campo la relación R/RL, colocando el sensor (SKR-100, SKYE INSTRUMENS LTD, SCOTLAND) bajo los filtros. Se realizaron 3 evaluaciones de los filtros para detectar la regularidad de la calidad de luz: una al inicio, otra a los 15 días y la tercera a los 30 días del desarrollo de las semillas. Cada uno de los registros obtenidos (Cuadro 2) corresponde al promedio de 20 mediciones que se hicieron en filtros ubicados en diferentes estratos de las plantas. Se llevó a cabo un muestreo al azar, de tal manera que las lecturas quedaran distribuidas en la misma proporción en las dos casas de sombra.

Cuadro 2. Evaluación en campo de la relación R/RL, en los filtros de luz y en la malla de las casas de sombra, durante el desarrollo de las semillas de *S. deppei*.

| Tiempo<br>(Días) | Relación R/RL              |                           |                    |
|------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|
|                  | Filtros R/RL               | Filtros R/RL              | Malla<br>(Control) |
|                  | Casa de sombra<br>(Madera) | Casa de sombra<br>(Metal) |                    |
| 0                | 0.072                      | 0.047                     | 1.460              |
| 15               | 0.241                      | 0.283                     | 1.345              |
| 30               | 0.085                      | 0.107                     | 1.520              |
| $\bar{x}$        | 0.133                      | 0.145                     | 1.441              |

#### 4.4. TRABAJO DE LABORATORIO

4.4.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS DIASPORAS. Una vez cosechadas las infrutescencias maduras y deshidratadas, se pasó a la etapa de caracterización, precisando que las evaluaciones se hicieron con la diáspora a partir de semillas

puras, que de acuerdo a la ISTA (1985) son aquellas semillas separadas de otras semillas y de la materia inerte (en éste último parámetro, se incluyen estructuras semejantes a semillas, así como otros materiales extraños).

La muestra de trabajo pura de *S. deppei*, fue de 8500 semillas que excede el mínimo (2500 semillas) recomendado por la AOSA (1981), para el análisis de pureza de semillas de plantas nocivas.

4.4.1.1. TAMAÑO. Se midieron 100 semillas desarrolladas con luz natural y 100 con luz filtrada roja lejana. La elección de las muestras se hizo al azar, a partir de las semillas seleccionadas como puras. Se midió el eje longitudinal.

4.4.1.2. PESO. De una muestra elegida al azar, se tomaron 100 semillas con filtro y 100 semillas sin filtro, las cuales se pesaron en la balanza analítica individualmente y se obtuvo el promedio.

Igualmente se pesaron en grupo veinte repeticiones de 5 semillas cada una, para calcular el peso promedio en cada uno de los dos tratamientos realizados en condiciones de campo.

4.4.1.3. COLOR. Como en los dos casos anteriores, se escogieron al azar 100 semillas desarrolladas con filtro y 100 semillas desarrolladas con luz natural; y se evaluaron con el libro de colores de Kornerup y Wanscher (1963). Se determinó el color considerando el que predominara en cada lote de semillas observado. La evaluación de tamaño, peso y color se realizó con las mismas muestras.

4.4.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD. De cada tratamiento de luz realizado en condiciones de campo, se tomó una muestra de 200 semillas maduras deshidratadas, se dividió en cinco grupos de 40 semillas y se cortaron transversalmente colocándose en cajas de

aluminio de 5 cm de diámetro; después de tapar y pesar las cajas en una balanza analítica, se sometieron a desecación por calor en una estufa a 103°C durante 2 horas, según los resultados de la curva de humedad previamente realizada. Al término del tiempo estipulado, se volvieron a pesar. La diferencia en peso permitió calcular el porcentaje de humedad de cada grupo de semillas y de cada tratamiento.

4.4.1.5. CONTENIDO DE CLOROFILA. Ya que la semilla de *S. deppei* se desarrolla rodeada por un fruto fotosintético, se realizó esta prueba para determinar los cambios de contenido de las clorofilas en el pericarpio de los frutos, comparando frutos desarrollados bajo luz natural y bajo luz roja lejana. Otro de los propósitos de esta prueba fue el ver posteriormente si había algún efecto de clorofila conservada en la cubierta del fruto sobre la respuesta germinativa de las semillas bajo condiciones de laboratorio.

Las semillas obtenidas de la colecta semanal de infrutescencias se llevaron al laboratorio donde se separaron los embriones y se hizo el análisis de clorofilas sólo con el resto y pericarpios para evitar mayores impurezas; de ellas se utilizaron 10 g para la obtención del extracto.

La extracción de clorofila se realizó en frío con 30 ml de acetona al 100%, agregando carbonato de Magnesio ( $MgCO_3$ ) como conservador (Strain et al 1977).

Los extractos provenientes de los dos tratamientos lumínicos se corrieron en un espectrofotómetro (Spectronic-21) haciendo la lectura de absorbancia cada 10 nm, en un intervalo comprendido entre 400 y 800 nm, empleando acetona pura como blanco. Para la determinación de la cantidad de clorofila [ $mg\ l^{-1}$ ], se leyó la absorbancia en 644 y 662 nm; y se aplicó la ecuación de Holm 1954 (en Sestak 1971) para una solución de acetona al 100%, así:

$$\begin{aligned}
 \text{Clorofila a} &= 9.78A_{662} - 0.99A_{644}. \\
 \text{Clorofila b} &= 21.40A_{644} - 4.65A_{662}. \\
 \text{Clorofila a+b} &= 5.13A_{662} + 20.41A_{644}.
 \end{aligned}$$

La clorofila se cuantificó con las lecturas de absorbancia hechas con las muestras tomadas en la: 1a, 2a y 3a semanas de desarrollo de las infrutescencias en condiciones de campo, debido a que en la primera semana las semillas presentaron color verde claro, en la segunda un verde oscuro y en la tercera ya presentaban una coloración amarillenta-café, los que cualitativamente revelan cambios en el contenido de clorofila.

La preparación del material y la interpretación de los resultados se hizo de acuerdo con Sestak (1971) y Strain (1977). La metodología se ilustra en la Fig. 5.

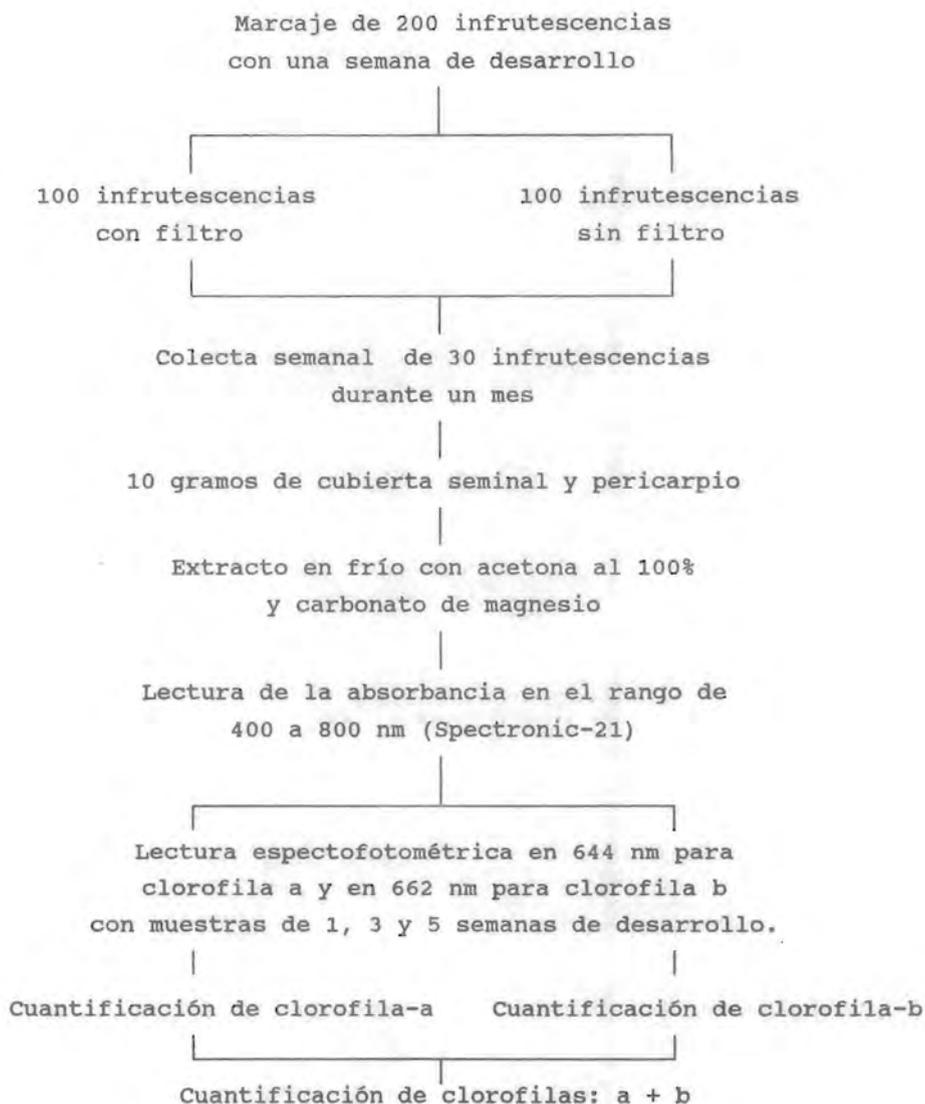


Fig. 5. Metodología para la extracción y cuantificación de clorofilas de las cubiertas seminales y pericarpios de *S. depeei* en diferentes etapas de desarrollo.

#### 4.4.2. RESPUESTA FISIOLÓGICA.

Las semillas colectadas se sometieron a las evaluaciones de acuerdo a las reglas estipuladas por la ISTA (1985). Esta prueba se llevó a cabo con semillas desarrolladas en las plantas madre con luz filtrada (roja lejana) y luz natural. Se empleó la fracción de la muestra de trabajo considerada pura, con la cual se formaron al azar las unidades experimentales que se describen en cada una de las pruebas, con por lo menos cinco repeticiones por cada evaluación y se sortearon los tratamientos (Fig. 1).

4.4.2.1. PRUEBA DE VIABILIDAD. Se seleccionaron 125 semillas maduras, desarrolladas con luz filtrada y 125 con luz natural, las que se dividieron en lotes de 25 semillas cada uno. Las semillas se escarificaron, se embebieron durante 24 horas para extraer posteriormente uno de los cotiledones con el eje hipocótilo-raíz, el cual se expuso durante 12 horas a una solución de cloruro de 2,3,5-trifenil tetrazolio al 0.5%, siguiendo las reglas de la International Seed Testing Association (1985). Las muestras se mantuvieron en la oscuridad a una temperatura de 25°C. El porcentaje de semillas viables se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VIABILIDAD} = \frac{\text{No de semillas teñidas}}{\text{No total de semillas}} \times 100.$$

Se consideró viable aquella semilla teñida al menos en 2/3 partes y que la porción blanca no tocara al eje embrionario ni su unión con los cotiledones.

4.4.2.2. PRUEBA DE VIGOR. Se realizó la evaluación del desarrollo de plántulas empleando el método de las "muñecas" elaboradas con hojas de papel absorbente (Moreno 1984). Se emplearon hojas de papel de 27 x 22 cm, a las cuales se les trazó una línea media sobre su eje mayor. En la parte media superior

se dibujaron cinco líneas paralelas, con un intervalo de 2 cm entre ellas. En 25 puntos trazados sobre la línea central y a intervalos de 1 cm, se pegaron respectivamente las semillas con cinta adhesiva de papel.

Las semillas utilizadas en esta prueba, se escarificaron mecánicamente y se desinfectaron con una solución acuosa de Captán-50 al 0.2%.

Las "muñecas" se elaboraron con cuatro hojas de papel, dos debajo de las semillas y dos cubriéndolas. Una vez que se cubrieron las semillas con las dos toallas húmedas, se doblaron hacia arriba 2 cm de la parte basal y se enrollaron las toallas en sentido perpendicular a las líneas horizontales, dejando en cada "muñeca" un diámetro de aproximadamente 4 cm, el que posibilitó la aireación de las semillas.

Las "muñecas" húmedas que contenían las semillas, se colocaron verticalmente dentro de bolsas de polietileno para evitar la pérdida de humedad. Las bolsas se instalaron en charolas plásticas, en el interior de una cámara oscura a 25°C.

En esta prueba se evaluaron muestras provenientes de los dos tratamientos de luz efectuados en el campo, con cinco repeticiones de 25 semillas cada una.

Finalmente, con las plúmulas de plántulas normales que se encontraron entre cada par de líneas paralelas, se realizaron los cálculos teniendo en cuenta el número y longitud de las mismas; así como el diseño aplicado. Para los cálculos se empleó la ecuación:

$$L = \frac{(nX_1 + nX_3 + \dots + nX_{11})}{25}$$

En donde:

- L = longitud media de las plúmulas
- n = número de plúmulas entre cada par de paralelas
- x = la distancia media desde la línea central.

La evaluación de esta prueba se efectuó a los 8 días de iniciado el montaje de las muñecas.

4.4.2.3. ESTRATIFICACION. Para esta prueba se colocaron semillas a 4°C, comprendiendo un periodo de 4 meses; se empleó la temperatura ambiente (25°C) en seco como control. Las semillas tratadas con frío se colocaron dentro de bolsas plásticas de color negro de 15.0 cm de largo y 9.0 cm de ancho, mezcladas con 45.0 g de vermiculita estéril, la cual se humedeció a saturación con 35 ml de agua. A partir de la tercera semana de estratificación, de cada tratamiento se colocaron a germinar en "muñecas" de papel absorbente 5 repeticiones de 20 semillas cada una, en condiciones de oscuridad a 25°C durante un mes. La verificación de la germinación se realizó cada 7 días bajo luz verde de seguridad (Fig. 6).

El montaje de la germinación se repitió cada 3 semanas, de tal manera que las semillas estuvieran expuestas al frío 3, 6, 9, 12 y 15 semanas respectivamente (Moore 1981). El grupo control se mantuvo durante el mismo tiempo en frascos ámbar bajo condiciones de oscuridad a 25°C.

En las diferentes pruebas donde se registró la germinación como variable de respuesta, se realizaron evaluaciones con tetrazolio al 0.5% para verificar la viabilidad de las semillas que no germinaron en cada una de las unidades experimentales.

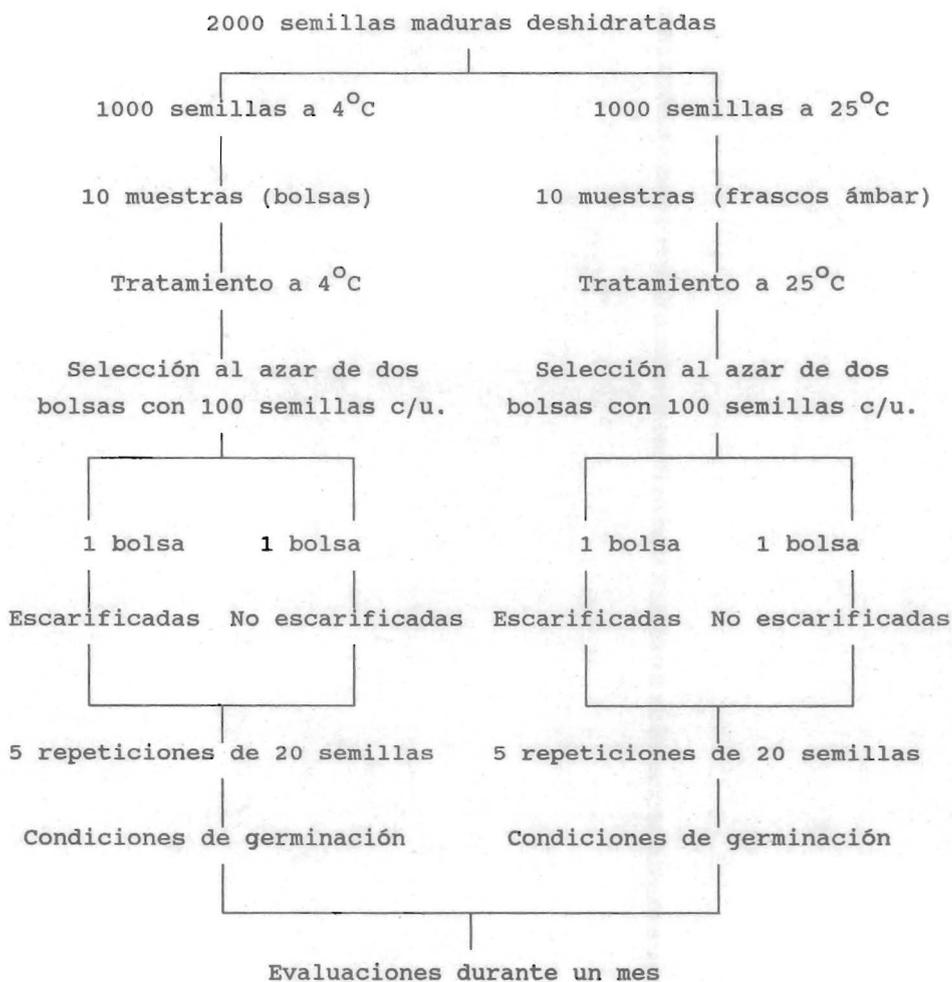


Fig. 6. Metodología empleada para la estratificación de semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, a 4°C durante 15 semanas.

4.4.2.4. GERMINACION EN DIFERENTES CALIDADES DE LUZ. De las muestras obtenidas a partir de cada tratamiento de luz en campo se seleccionaron al azar dos grupos para aplicar en uno de ellos el tratamiento de escarificación; así, tanto las semillas escarificadas mecánicamente como las no escarificadas, se desinfectaron con Captan 50 al 0.2 % [cis-N-[(triclorometil) tio]-4-ciclohexeno-1, 2-dicarboximida]; se colocaron sobre tres capas de papel absorbente con 3.5 ml de agua destilada y se ubicaron dentro de cajas de Petri.

Las unidades experimentales así preparadas, se colocaron a germinar en cámaras con diferentes calidades de luz: roja, roja lejana y oscuridad, para lo cual se emplearon cajas de germinación de 35 x 45 cm de base y 3 cm de altura, cubiertas con los filtros correspondientes. Para la condición de luz roja, se utilizó una mica roja GAAM-COLOR 245. Para la condición de luz roja lejana, se combinaron una mica roja GAAM-COLOR N<sup>o</sup> 245 y una azul N<sup>o</sup> 905. Para la condición de oscuridad, las cajas de Petri se cubrieron con papel aluminio y se colocaron dentro de una caja con las mismas características que las anteriores. Para la condición de luz blanca, la caja se construyó con papel celofán transparente. Las cajas de cada tratamiento se mantuvieron a 25<sup>o</sup>C y 12h de fotoperiodo con una rotación diaria de las mismas en el espacio de la cámara. Para la luz roja y blanca, se emplearon lámparas fluorescentes de 39W blanca fría; por su parte el efecto de luz roja lejana se consiguió con lámparas incandescentes de diferente voltaje de acuerdo al experimento. El diseño de los dispositivos de germinación se realizó de acuerdo a Orozco-Segovia (1986), Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes (1989).

Las semillas se evaluaron cada 5 días durante 7 semanas bajo luz verde de seguridad, considerando como germinada aquella semilla en la cual la radícula hubiera salido a través de la cubierta seminal (Mayer y Poljakoff-Mayber 1975).

La prueba de germinación consistió de dos experimentos. El

primero se realizó con las semillas maduras deshidratadas recién cosechadas, exponiéndolas en el laboratorio a tres calidades de luz: roja, roja lejana y oscuridad. En la cámara para luz roja, se obtuvo un flujo fotónico de 0.414  $\mu\text{M}$  y una relación R/RL de 5.5, dado por 2 lámparas de luz fluorescente de 39 W; en cambio para la cámara de luz roja lejana, se obtuvo un flujo fotónico de 5.346  $\mu\text{M}$  y una relación R/RL de 0.0337, dado por dos focos de luz incandescente de 25W.

El segundo experimento se llevó a cabo, con las semillas maduras deshidratadas 6 meses después de cosechadas, bajo cuatro condiciones de luz: roja, roja lejana, blanca y oscuridad. En esta ocasión se aumentó el flujo fotónico a 1.434  $\mu\text{M}$  y una relación R/RL de 6.25, dada por 6 lámparas fluorescentes de 39W, para la condición de luz roja. En la nueva condición de luz blanca, el flujo fotónico que se obtuvo fue de 1.446  $\mu\text{M}$  y una relación R/RL de 7.5, con las mismas 6 lámparas de luz fluorescente. En la condición de luz roja lejana, el flujo fotónico también se incrementó a 20.66  $\mu\text{M}$  con una relación R/RL de 0.0344, dado por 2 focos de 60W y 1 de 40W de luz incandescente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Condiciones de luz en las que germinaron las semillas de *S. deppei* en el laboratorio, medidas con quantómetro radiómetro (Licor Li-185-A, Lincoln, Nebraska) y espectro-radiómetro para R/FR (Skye, Scotland) en el interior de las cajas de Petri. El flujo fotónico se expresa en  $\mu\text{M}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$ .

| Luz | R/RL   | Flujo fotónico | Tipo de lámparas       |                |
|-----|--------|----------------|------------------------|----------------|
| R   | 5.50   | 0.414          | 2 de 39W               | Fluorescentes  |
| RL  | 0.0337 | 5.346          | 2 de 25W               | Incandescentes |
| R   | 6.25   | 1.434          | 6 de 39W               | Fluorescentes  |
| RL  | 0.0344 | 20.660         | 2 de 60W +<br>1 de 40W | Incandescentes |
| B   | 7.5    | 1.446          | 6 de 39W               | Fluorescentes  |

4.4.2.5. GERMINACION Y COLOR DE LAS SEMILLAS. Semillas de *S. deppei* desarrolladas en campo bajo condiciones de luz natural se separaron por su color en negras (6F<sub>3</sub>) y cafés (6E<sub>5</sub>), se escarificaron, se desinfectaron con Captán 50 al 0.2% y se hicieron germinar en el laboratorio en cajas de Petri, empleando discos de papel húmedo y condiciones de oscuridad a 25°C. La germinación se registró cada 3 días durante un mes bajo luz verde de seguridad.

#### 4.4.3. ESTUDIO DE ESTRUCTURA E HISTOQUIMICA.

4.4.3.1. MICROSCOPIA OPTICA. Se colectaron muestras de semillas maduras de *S. deppei* en dos estados de hidratación de color verde y café, con un tamaño aproximado de 0.023 g las cuales habían sido expuestas durante su desarrollo en plantas madre, a luz filtrada roja lejana y luz natural en condiciones de campo.

Las semillas se dividieron primero longitudinalmente y luego transversalmente para obtener cuatro secciones, las que se fijaron en FAA (formol-ácido acético-alcohol). El material fijado se deshidrató en una serie gradual de alcohol etílico y se incluyó en parafina de acuerdo a la técnica de Johansen (1940).

Las semillas incluidas en parafina se cortaron en un microtomo rotatorio (American Optical 820), se obtuvieron secciones de aproximadamente 8 micras de grosor.

Posteriormente los cortes se desparafinaron y se tiñeron con la técnica doble safranina o-verde rápido para observar en forma comparada diferentes estructuras (Curtis 1986).

Se realizaron las siguientes pruebas histoquímicas: ácido peryódico-reactivo de Schiff (PAS), para indentificar polisacaridos insolubles (Jensen 1962), los que tiñen de color rosa intenso; azul negro de naftol que tiñe de color azul a las proteínas (Fisher 1968); rojo o de aceite para cutina

(E. M. Engleman, com. pers.) la cual da reacción positiva de color anaranjado; lugol como indicador de almidón, reactivo que tiñe de color morado intenso o de azul el almidón (Johansen 1940).

4.4.3.2. MICROSCOPIA ELECTRONICA. Semillas con la misma procedencia y condiciones de desarrollo se seccionaron en trocitos de 1 mm de grosor, los cuales se colocaron en tubos de ensayo para su fijación con 2 ml de glutaraldehído al 1.5% en amortiguador de cacodilato de sodio 0.2M pH 7.2. Los tubos una vez tapados con parafilm se instalaron en el refrigerador a 4°C. A las 24 horas se retiró el glutaraldehído y se agregó la misma cantidad de la solución amortiguadora de cacodilato de sodio 0.2M pH 7.2.

Después de este proceso las semillas se postfijaron en OsO<sub>4</sub> al 2% durante 24 horas, se lavaron con tres cambios de cacodilato de sodio, cada uno de 24 horas; esta etapa también se realizó en frío. Posteriormente se deshidratadaron en series graduales de alcohol etílico para su inclusión en óxido de propileno y en la mezcla óxido de propileno + resina epóxica, según la técnica de Luft (1961 en Gonzalez-Santander 1968).

Igualmente, se obtuvieron cortes semifinos de 400 nm de grosor en el utramicrotomo (SORVALL MT 2-B), para observar estructura y cortes ultrafinos para el estudio de la ultraestructura, con el microscopio electrónico de transmisión (MET-Zeiss-EM 9 y EM 10).

## 5.0. DISEÑO ESTADISTICO.

5.1. MARCO DE MUESTREO. El marco del muestreo o sitio donde se localizarían a todas las unidades de la población, comprende tierras de cultivos básicos de la Región Central del País, con las condiciones climáticas apropiadas para el desarrollo del *S. deppei*.

5.2. METODOS DE MUESTREO. Se aplicó el método de muestreo aleatorio simple sin reemplazo. En las diferentes pruebas se utilizaron tarjetas numeradas para la ejecución del muestreo.

5.3. UNIDAD EXPERIMENTAL. La unidad que originó el valor de las variables o unidad última de muestreo, se definió como una caja de Petri con 25 semillas cada una. Esta unidad de muestreo se concretó a partir de una prueba piloto de germinación. Igualmente, se definió en 5 el número de repeticiones, porque al aplicar la aleatorización de las muestras, ésta magnitud redujo la variabilidad y el error experimental.

El conjunto del material definido para aplicar cada uno de los tratamientos, aunado al afinamiento de la técnica experimental, posibilitaron reducir los efectos que producían en el presente estudio la variabilidad por unidad experimental.

5.4. COMPARABILIDAD DE LAS MUESTRAS. La comparabilidad de las muestras se fundamentó en el proceso de aleatorización. Se efectuó la asignación aleatoria de las unidades a los grupos por compararse. Igualmente, se homogenizaron las muestras respecto de los posibles factores de confusión (Mendez et al 1990).

La validez interna se determinó por la procedencia y las características generales que presentaron las semillas de esta especie al momento del muestreo (color, tamaño, peso, estado de desarrollo) y por el número igual de lotes, semillas y colocación de todos los lotes en las mismas condiciones ambientales.

La validez externa se apoyó en la elección de una muestra representativa de la población, la cual se dividió en submuestras mediante un mecanismo aleatorio para exponerlas a las diferentes variantes de factor causal.

5.5. ESPECIFICACION DE VARIABLES Y ESCALAS DE MEDICION. La variable evaluada en el transcurso de esta investigación se clasifica como numérica discreta. Se contaron las semillas que germinaron cuando las diversas unidades experimentales se expusieron a los factores causales definidos en el diseño.

La escala de medición utilizada para evaluar las unidades experimentales fue la absoluta por lo que en cada observación se registró el número de semillas germinadas por caja de Petri, o por "muñeca" de papel absorbente en el caso de la prueba de vigor.

Variable dependiente: porcentaje de semillas germinadas en las unidades experimentales.

Variable independiente: filtración de la luz durante el desarrollo de las semillas, luz de germinación y escarificación.

Factor causal: calidad de luz (roja, roja lejana, blanca y oscuridad) y escarificación.

Efecto: germinación o no germinación de las semillas durante el tiempo que duró cada prueba.

Frecuencia de medición: en la prueba de germinación con diferentes calidades de luz, los conteos se efectuaron cada 3 días durante 7 semanas. En la estratificación de semillas a 4°C, se hicieron conteos cada 7 días durante 5 semanas. Para la prueba de vigor se realizó un solo conteo a los 8 días. Las diferentes evaluaciones de las semillas que no germinaron, realizadas a través de la prueba de viabilidad, tuvieron un solo conteo 12 horas después de tratadas con la solución de Tetrázolío al 0.5%.

5.6. PROCESO DE CAPTACION DE LA INFORMACION. La captación de los datos se realizó de acuerdo a las etapas en que se dividió el trabajo definiéndose formatos, registros y periodicidad según los experimentos.

En el trabajo de campo se realizaron registros de semillas sembradas, plántulas que emergieron, fecha de iniciación de antesis, periodo de floración, maduración y deshidratación de las semillas y datos de cosecha. Se hicieron evaluaciones de los filtros y registros ambientales de temperatura y humedad relativa.

En el laboratorio la información se capturó a través de los programas Statgraphics versión: 2.1 y Systat versión: 3.0, de acuerdo a las pruebas específicas aplicadas a las unidades experimentales.

Para la evaluación fisiológica realizada a través de las pruebas de germinación se recabó la información en formatos que contenían fecha, tratamiento, N° de caja, N° y porcentaje de semillas que germinaron en cada tratamiento.

Los registros se realizaron teniendo en cuenta la siguiente codificación: desarrollo de diásporas en condiciones de campo con luz filtrada roja lejana =  $a_1$ , desarrollo de diásporas en condiciones de luz natural =  $a_2$ , semillas escarificadas mecánicamente antes de la prueba de germinación en el laboratorio =  $b_1$ , semillas no escarificadas =  $b_2$ , luz roja de germinación =  $c_1$ , luz roja lejana =  $c_2$ , oscuridad =  $c_3$  y luz blanca =  $c_4$ .

#### 5.7. MODELO ESTADISTICO

Para la prueba de germinación se planteó un modelo factorial  $2 \times 2 \times 3$ , con tres criterios de clasificación con interacción:

Filtración de la luz en plantas madre (condiciones de campo), con 2 niveles: con filtro y sin filtro.

Escarificación con 2 niveles: escarificadas y no escarificadas.

Luz de germinación en condiciones de laboratorio, con 3 niveles: roja, roja lejana y oscuridad (Cuadro 4).

El modelo empleado se describe a continuación:

$$Y_{ijkl} = u + a_i + b_j + c_k + (ab)_{jk} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + E_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$

Es la variable de respuesta y representa el porcentaje de germinación del lote de semillas registrado en la  $i$ -ésima unidad experimental sometida a los tratamientos:  $a_i$ ,  $b_j$ , y  $c_k$ .

$u$  Representa la media general de las observaciones.

$a_i$  Representa el efecto marginal de  $a$  (luz filtrada) sobre la variable de respuesta.

$b_j$  Representa el efecto marginal de  $b$  (escarificación) sobre la variable de respuesta.

$c_k$  Representa el efecto marginal de  $c$  (luz de germinación) sobre la variable de respuesta.

$(ab)_{ij}$ ,  $(ac)_{ik}$ ,  $(bc)_{jk}$  Representa los posibles efectos conjuntos de interacción por parejas, en la variable de respuesta.

$(abc)_{ijk}$  Representa el posible efecto de interacción de los tres tratamientos:  $a_i$ ,  $b_j$ ,  $c_k$  sobre la variable de respuesta.

$E_{ijkl}$  Representa un término de error aleatorio asociado a las condiciones no controladas en el experimento. Se supone de distribución normal, con media cero y varianza fija positiva y desconocida, con realizaciones independientes.

Cuadro 4. Diseño experimental: trifactorial con distribución completamente al azar (DCA) para la prueba de germinación de *S. deppei* en tres calidades de luz en condiciones de laboratorio.

| FACTOR                           | NIVELES         |
|----------------------------------|-----------------|
| A: filtración de la luz          | $a_1, a_2$      |
| B: esscarificación               | $b_1, b_2$      |
| C: calidad de luz de germinación | $c_1, c_2, c_3$ |

El análisis del modelo consistió en establecer la significancia del término interacción de los tres factores, por medio de un análisis de varianza.

Si el efecto de interacción resultaba no significativo, se podía establecer la significancia de las interacciones de dos factores. Si a su vez, estos resultaban no significativos, se verificaba la significancia de cada uno de los efectos marginales de los factores bajo estudio. Si se detectaban efectos significativos de un factor, se aplicaba la prueba de Tukey con la finalidad de establecer cuáles eran los niveles que causaban las diferencias.

Si el efecto de interacción resultaba significativo, se creaba una variable más que numeraba al conjunto de datos como tratamientos diferentes, y se hacía un análisis de varianza para obtener la suma de cuadrados y los grados de libertad del error, para calcular por medio de la prueba de Tukey si existían grupos de datos semejantes o diferentes.

Se trazaron las gráficas con los resultados obtenidos en las diferentes etapas de este estudio.

El segundo experimento de germinación, se realizó con cuatro calidades de luz (R, RL, O y B), lo que modificó el modelo anterior en un factorial: 2 x 2 x 4, el cual presentó para cada factor los niveles que se registran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Diseño experimental: trifactorial con distribución completamente al azar (DCA), para la prueba de germinación de semillas de *S. deppei* en cuatro calidades de luz, bajo condiciones de laboratorio.

| FACTOR                           | NIVELES              |
|----------------------------------|----------------------|
| A: filtración de la luz          | $a_1, a_2$           |
| B: escarificación                | $b_1, b_2$           |
| C: calidad de luz de germinación | $c_1, c_2, c_3, c_4$ |

La interacción de los diferentes niveles en los tres factores estudiados dió como resultado el arreglo combinatorio que aparece en el Cuadro 6, donde cada combinación se considera como un tratamiento.

Cuadro 6. Arreglo combinatorio y distribución completamente al azar para el diseño trifactorial:  $2 \times 2 \times 4$ , cuando las semillas de *S. deppei* se hicieron germinar en cuatro calidades de luz.

| TRATAMIENTO | COMBINACIONES |
|-------------|---------------|
| 1           | $a_1c_1b_1$   |
| 2           | $a_1c_2b_1$   |
| 3           | $a_1c_3b_1$   |
| 4           | $a_1c_4b_1$   |
| 5           | $a_2c_1b_1$   |
| 6           | $a_2c_2b_1$   |
| 7           | $a_2c_3b_1$   |
| 8           | $a_2c_4b_1$   |
| 9           | $a_1c_1b_2$   |
| 10          | $a_1c_2b_2$   |
| 11          | $a_1c_3b_2$   |
| 12          | $a_1c_4b_2$   |
| 13          | $a_2c_1b_2$   |
| 14          | $a_2c_2b_2$   |
| 15          | $a_2c_3b_2$   |
| 16          | $a_2c_4b_2$   |

6.1. CULTIVO. El ciclo del cultivo de *S. deppei* llevado a cabo bajo las condiciones de campo en la temporada mayo-diciembre de 1991 presentó dos etapas de desarrollo bien definidas: la fase de crecimiento vegetativo y la reproductiva.

*Sicyos deppei* es una arvense de crecimiento indeterminado con un ciclo relativamente corto, pero caracterizado por un gran crecimiento vegetativo que se prolonga hasta el final de la fase reproductiva. La etapa vegetativa presentó una emergencia asincrónica de plántulas que comprendió desde el día 23 de mayo hasta el 15 de junio, con una emergencia de 43% de un total de 428 semillas sembradas.

La fase reproductiva de las plantas comenzó en agosto y tuvo su mayor actividad entre mediados de septiembre y principios de noviembre. Los primeros registros de flores en antesis se realizaron el 13 de agosto. El periodo de floración tuvo un incremento considerable que llegó a su máximo en octubre-noviembre, observándose poca producción de flores a finales de noviembre con la senescencia de las plantas. Los primeros frutos maduros deshidratados, se colectaron el 18 de septiembre, presentándose el mayor incremento a finales de octubre y comienzos de noviembre, cuando se efectuó la cosecha principal de los frutos deshidratados (Fig. 7). Los registros efectuados expresan aspectos cualitativos; no se cuantificó la producción de flores y frutos en éste cultivo.

El tiempo transcurrido desde la antesis hasta que los frutos se consideraron maduros deshidratados de color café o negro fue de 26 a 28 días. Debido a que las plantas florecieron en forma continua, a los 105 días después de iniciada la antesis, se observaron frutos en diferentes colores y estados de desarrollo.

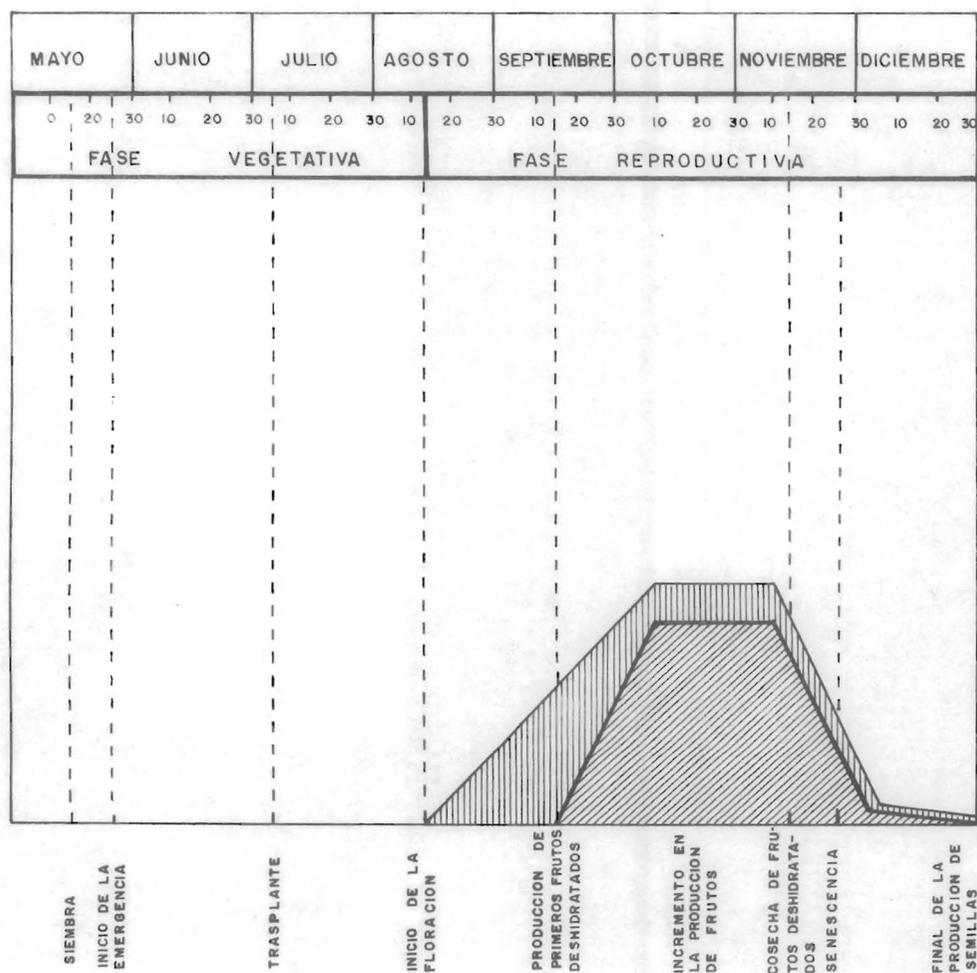


FIG. 7. Duración de las etapas de desarrollo de la planta *Sicyos deppei*, cultivada bajo condiciones de campo en la temporada mayo-diciembre de 1991. (México D.F., Jardín Botánico - U.N.A.M.)

El cultivo de *S. deppei* presentó patrones de desarrollo semejantes a los reportados por Zepeda (1988), donde el inicio de la floración se registró aproximadamente a los 50 días después de la emergencia de las plántulas. En ambos casos se detectó una floración continua, que dió como resultado la presencia de frutos en diferentes etapas de maduración en diversas épocas.

En la presente investigación se logró un seguimiento del ciclo completo de la planta favorecido por la cubierta protectora de las casas de sombra, el cual decayó notablemente en diciembre debido al periodo invernal de fin de año.

## 6.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS SEMILLAS.

6.2.1. TAMAÑO. Los resultados obtenidos al comparar los promedios mostraron que las semillas desarrolladas en el campo bajo luz natural, tuvieron una longitud de 6.30 mm, siendo más grandes que aquellas que estuvieron sometidas a la luz filtrada durante su maduración las que alcanzaron un promedio de 5.96 mm (Cuadro 7).

Cuadro 7. Características de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei* desarrolladas en plantas madre bajo diferentes calidades de luz.

| Tratamiento  | Tamaño (mm) | Peso (g)  | Color Predominante              |
|--------------|-------------|-----------|---------------------------------|
| Luz natural  | 6.30 ( )    | 0.026 ( ) | Negro (6F <sub>3</sub> )*       |
| Luz filtrada | 5.96 ( )    | 0.024     | Cafê oscuro (6E <sub>5</sub> )* |

\* (de acuerdo a Kornerup y Wanscher 1963)

En forma general se puede afirmar que hay dos tamaños muy frecuentes en las muestras evaluadas. El análisis de varianza obtenido con los resultados de las semillas sometidas a los dos tratamientos lumínicos, demuestra que hay diferencia significativa entre los tamaños de las semillas procedentes de luz filtrada y luz natural (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para los tamaños de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, desarrolladas en campo bajo luz filtrada.

| F.V.                | S.C.   | G.L. | C.M.  | F      | N.S.   |
|---------------------|--------|------|-------|--------|--------|
| Efectos principales | 20.532 | 20   | 1.026 | 4.591  | 0.0000 |
| Tratamiento         | 14.718 | 19   | 0.774 | 3.464  | 0.0000 |
| LF.                 | 5.814  | 1    | 5.814 | 26.002 | 0.0000 |
| Interac de fact     | 14.944 | 19   | 0.786 | 3.518  | 0.0000 |
| LF. y trat.         | 14.944 | 19   | 0.786 | 3.518  | 0.0000 |
| Error               | 35.776 | 160  | 0.223 |        |        |
| Total               | 71.253 | 199  |       |        |        |

CV = 7.69

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| SF.                                     | 100     | 6.309    | *                 |
| CF.                                     | 100     | 5.968    | *                 |

6.2.2. PESO. Las semillas maduras bajo luz natural presentaron un peso de 0.026 g, el cual fue mayor al que alcanzaron las semillas desarrolladas con luz filtrada, con 0.024 g (Cuadro 7).

El análisis de varianza aplicado a los resultados procedentes de los dos tratamientos lumínicos, demuestra que hay diferencia significativa entre los pesos de las semillas expuestas a la luz filtrada y luz natural (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para el peso de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, desarrolladas en condiciones de campo bajo luz filtrada y luz natural.

| F.V.                        | S.C.  | G.L. | C.M.  | F     | N.S.   |
|-----------------------------|-------|------|-------|-------|--------|
| Efectos principales         | 0.001 | 20   | 5.784 | 2.848 | 0.0001 |
| LF.                         | 0.000 | 1    | 1.607 | 7.913 | 0.0055 |
| Tratamientos                | 0.000 | 19   | 5.243 | 2.581 | 0.0007 |
| Interac.de fact. LF.y trat. | 5.429 | 19   | 2.857 | 1.407 | 0.1302 |
| Error                       | 0.003 | 160  | 2.031 |       |        |
| Total                       | 0.004 | 199  |       |       |        |

CV = 5.64

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| SF.                                     | 100     | 0.026    | *                 |
| CF.                                     | 100     | 0.024    | *                 |

6.2.3. COLOR. Aunque hubo variabilidad en el color, se observaron en forma general dos categorías de color en las semillas maduras y deshidratadas: el negro para las semillas bajo condición de luz natural, y el café para las semillas desarrolladas con luz filtrada. Al comparar los tonos con la tabla de colores (Kornerup y Wanscher 1963), se observó que en las semillas maduras y deshidratadas en condiciones de luz natural predominó el color 6F<sub>3</sub> (negro) y en las maduras en luz filtrada el color dominante fue el 6E<sub>5</sub> (café oscuro), (Cuadro 7).

6.2.4. CONTENIDO DE HUMEDAD. La prueba de humedad (Cuadro 10), indica que las semillas que se formaron en el campo bajo el efecto de la luz natural directa presentaron al momento de la colecta un mayor porcentaje de humedad (20.6%), que aquellas que se desarrollaron bajo el filtro de luz (17.12%). La prueba estadística indicó diferencias significativas (cuadro 11).

Cuadro 10. Porcentaje de humedad de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, desarrolladas bajo diferentes calidades de luz en condiciones de campo.

| Muestras   | Semillas sin filtro<br>(Luz blanca) | Semillas con filtro<br>(Luz roja lejana) |
|------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| % Promedio | 20.60 <i>26.99</i>                  | 17.10 <i>24.43</i>                       |

Cuadro 11. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para el contenido de humedad de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, desarrolladas en campo con luz natural y luz filtrada.

| F.V.             | S.C.   | G.L. | C.M.   | F      | N.S.   |
|------------------|--------|------|--------|--------|--------|
| Entre grupos     | 30.276 | 1    | 30.276 | 29.224 | 0.0006 |
| Dentro de grupos | 8.288  | 8    | 1.036  |        |        |
| Total            | 38.564 | 9    |        |        |        |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| SF.                                     | 5       | 20.600   | *                 |
| CF.                                     | 5       | 17.120   | *                 |

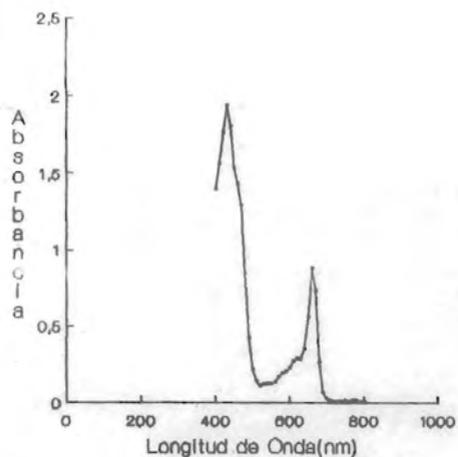
Los resultados del análisis estadístico para la prueba de humedad realizada con semillas procedentes de los dos tratamientos de luz efectuados en campo, muestran que las semillas desarrolladas bajo luz natural presentaron un contenido de humedad significativamente mayor que el de las semillas desarrolladas bajo filtro (Cuadro 11).

6.2.5. CONTENIDO DE CLOROFILA. Ya que la semilla de *S. deppei* se desarrolla rodeada por un fruto fotosintético, se realizó esta prueba para determinar los cambios de contenido de las clorofilas en el pericarpio de los frutos, comparando frutos desarrollados bajo luz natural y bajo luz roja lejana.

Los resultados obtenidos en los espectros de absorción durante las 5 semanas de desarrollo muestran que tanto en los frutos con filtro como en los frutos sin filtro, los picos de absorción se presentaron en las mismas longitudes de onda, lo que indica que los pigmentos contenidos en los extractos eran similares. Sin embargo, el área bajo la curva de estos picos es mayor en los extractos provenientes de frutos sin filtro, lo que indica que hay una mayor cantidad de pigmentos (Figs. 8 y 9).

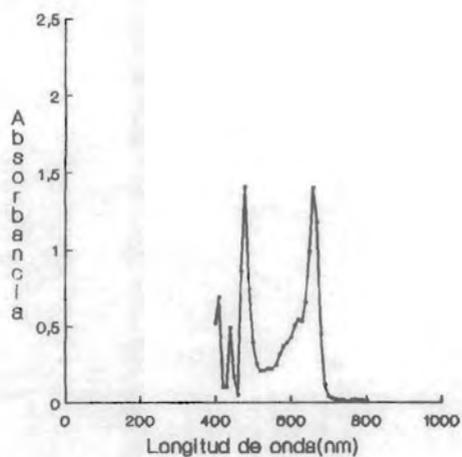
De acuerdo a lo anterior, la diferencia en los extractos es principalmente cuantitativa. Esto se corroboró con la determinación de la cantidad de clorofila en los extractos obtenidos durante las semanas 1, 3 y 5 de desarrollo de los frutos (Cuadros 12 y 13).

Sin filtro, se tiene una mayor cantidad de ambas clorofilas las cuales aumentan durante el desarrollo y disminuyen en el transcurso del proceso de deshidratación y amarillamiento del fruto (Fig. 10).



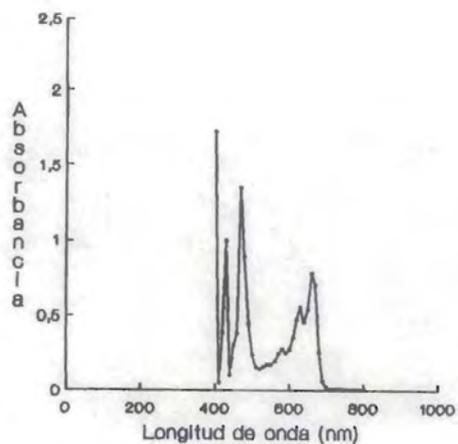
— Frutos con filtro

Doce semanas de desarrollo



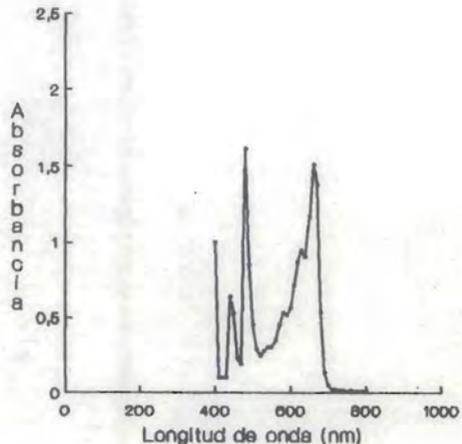
— Frutos sin filtro

Doce semanas de desarrollo



— Frutos con filtro

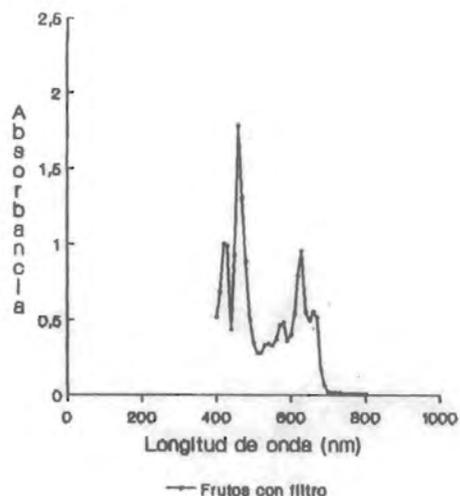
Tres semanas de desarrollo



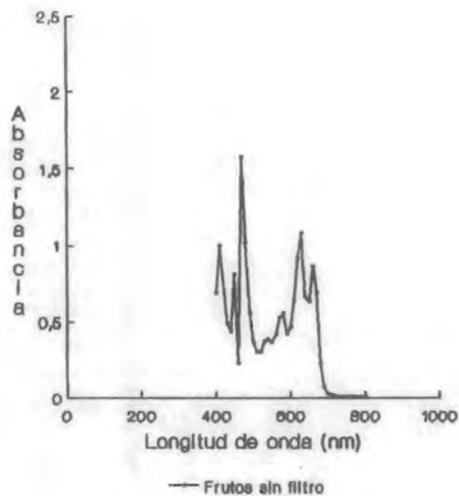
— Frutos sin filtro

Tres semanas de desarrollo

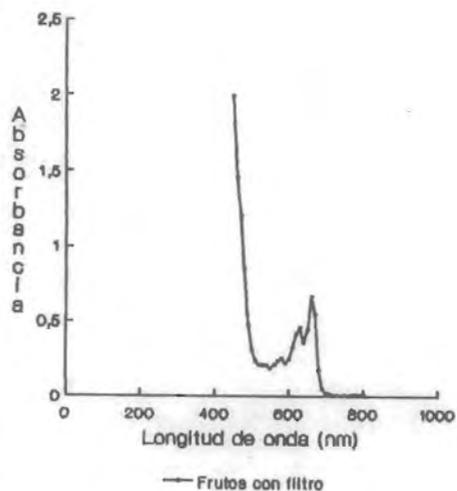
**Fig. 8. Espectros de absorción de extractos acetónicos obtenidos de frutos con y sin filtro de *S. deppii*, a la 2a y 3a semanas de desarrollo.**



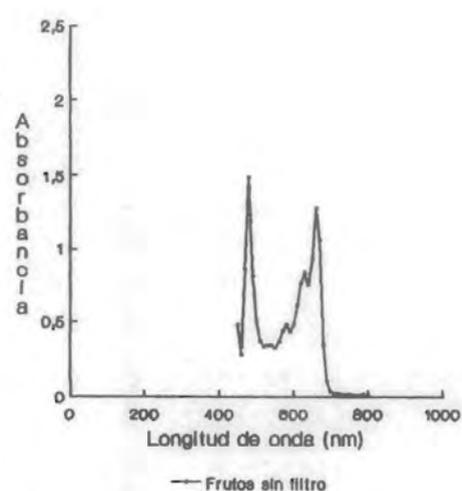
Cuatro semanas de desarrollo



Cuatro semanas de desarrollo



Cinco semanas de desarrollo



Cinco semanas de desarrollo

**Fig. 9. Espectros de absorción de extractos acetónicos obtenidos de frutos con y sin filtro de *S. deppei*, a la 4a y 5a semanas de desarrollo.**

Cuadro 12. Absorbancia a 644 y 662 nm del extracto acetónico de frutos de *S. deppoi*, desarrollados en condiciones de campo bajo luz natural (s/f) y luz filtrada (c/f).

| $\lambda$ (nm) | Semanas de desarrollo |       |       |       |
|----------------|-----------------------|-------|-------|-------|
|                | 1                     | 3     | 5     |       |
| Absorbancia    |                       |       |       |       |
| Clorofila a    | 644 c/f               | 0.359 | 0.462 | 0.379 |
|                | 644 s/f               | 0.665 | 0.907 | 0.792 |
| Clorofila b    | 662 c/f               | 0.888 | 0.825 | 0.696 |
|                | 662 s/f               | 1.412 | 1.550 | 1.326 |

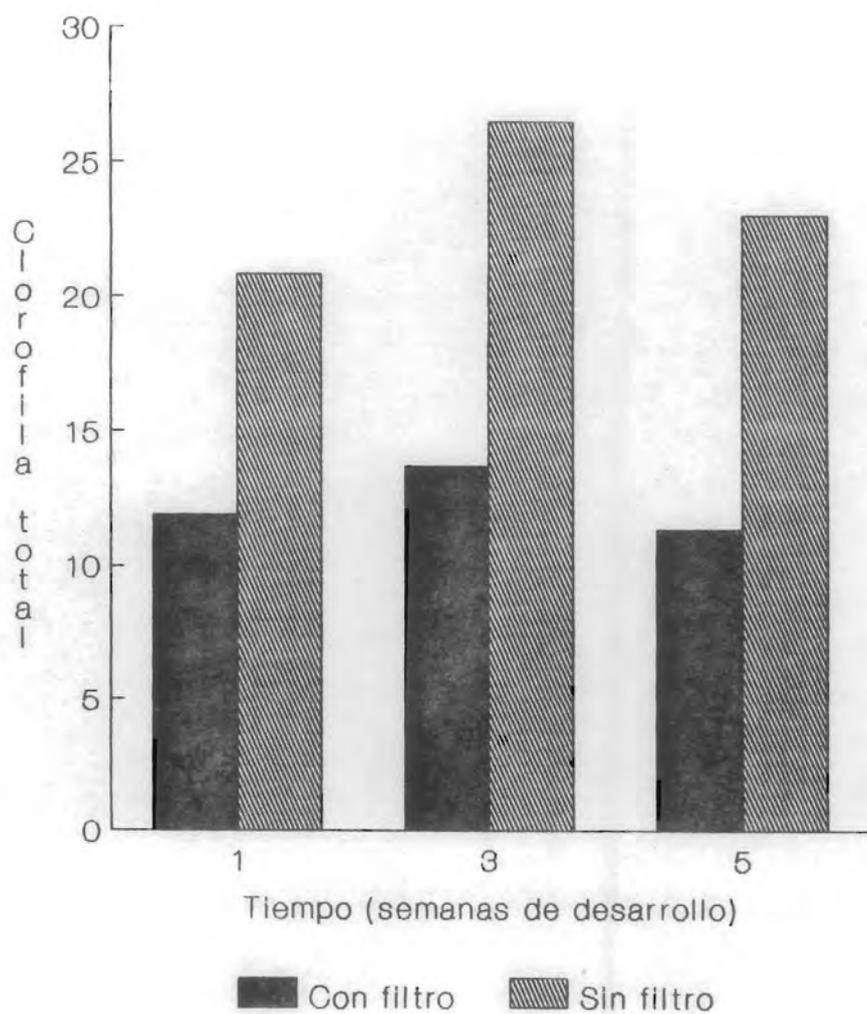
La diferencia en la cantidad de clorofilas entre ambos extractos puede deberse principalmente a que la incidencia de luz con una relación baja de R/RL dada por los filtros, disminuyó la síntesis de pigmentos y otros compuestos al afectar la estructura de los tilacoides y del fotosistema II, como ocurre en *Spinacia oleracea* (Deng et al 1989).

Si comparamos la cantidad de clorofila alcanzada a través del desarrollo en el campo, con el peso promedio de las semillas, podemos deducir que las plántulas que lograron el mayor índice de vigor fueron aquellas que se sometieron al tratamiento de luz natural que permitió las mejores condiciones para la síntesis, transporte y acumulación de metabolitos.

Cuadro 13. Cantidad de clorofila: a, b, a + b ( $\text{mg/l}^{-1}$ ) y relación a/b en los extractos acetónicos provenientes de frutos de *S. deppei*, desarrollados con luz natural (s/f) y con luz filtrada-roja lejana (c/f), bajo condiciones de campo.

| Tipo de clorofilas en el extracto. | Semanas de desarrollo |       |       |
|------------------------------------|-----------------------|-------|-------|
|                                    | 1                     | 3     | 5     |
| Clorofila a c/f                    | 8.33                  | 7.61  | 6.43  |
| Clorofila b c/f                    | 3.55                  | 6.05  | 4.87  |
| Clorofila a+b c/f                  | 11.88                 | 13.66 | 11.31 |
| Relación a/b c/f                   | 2.34                  | 1.25  | 1.32  |
| Clorofila a s/f                    | 13.15                 | 14.26 | 12.18 |
| Clorofila b s/f                    | 7.67                  | 12.20 | 10.78 |
| Clorofila a+b s/f                  | 20.82                 | 26.46 | 22.97 |
| Relación a/b s/f                   | 1.71                  | 1.16  | 1.12  |

De los resultados anteriores, se puede deducir que la relación de las clorofilas a/b es similar en los dos tipos de semillas, con filtro (c/f) y sin filtro (s/f), por lo que no hay diferencia preponderante de alguna de las clorofilas. Sin embargo, al considerarlas individualmente, la cantidad de ambas clorofilas es el doble en las semillas sin filtro (s/f).



**Fig.10 .Cantidad de clorofila a+b (mgr/l) en frutos de *Sicyos deppei* con diferentes etapas de desarrollo.**

### 6.3. RESPUESTA FISIOLÓGICA.

6.3.1. PRUEBA DE VIABILIDAD. La viabilidad de las semillas desarrolladas en el campo bajo el efecto de la luz natural fue similar (97.5%) a la de aquellas que se expusieron a condiciones de luz enriquecida con longitud de onda en el rojo lejano (96%) (Cuadro 14), no habiendo diferencia significativa (Cuadro 15).

Cuadro 14. Promedios de Viabilidad y Vigor de las semillas maduras de *S. deppei*, desarrolladas bajo diferentes calidades de luz en condiciones de campo.

| Muestras               | Sem. SF.<br>(Luz blanca) | Sem. CF.<br>(Luz roja lejana) |
|------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Promedio de viabilidad | 97.50% 80.9              | 96.00% 78.46                  |
| Promedio de vigor      | 3.60                     | 2.36                          |

Los resultados de esta prueba nos permiten plantear que no hubo efecto de la luz sobre la viabilidad, pues las semillas provenientes de los dos tratamientos son potencialmente capaces de germinar si encuentran las condiciones apropiadas para lograrlo.

8 grupos

Cuadro 15. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de viabilidad de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppoi*, desarrolladas en campo bajo luz filtrada y luz natural.

| F.V.             | S.C.    | G.L. | C.M.   | F     | N.S.  |
|------------------|---------|------|--------|-------|-------|
| Entre grupos     | 9.000   | 1    | 9.000  | 0.663 | 0.437 |
| Dentro de grupos | 190.000 | 14   | 13.571 |       |       |
| Total            | 199.000 | 15   |        |       |       |

546  
de 255

Método: intervalos HSD de Tukey al 95.0%.

| Nivel | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
|-------|---------|----------|-------------------|
| CF.   | 8       | 96.000   | *                 |
| SF.   | 8       | 97.500   | *                 |

6.3.2. PRUEBA DE VIGOR. Los resultados de la prueba de vigor revelan que sí hubo efecto en este carácter por las condiciones en que se desarrollaron las semillas en el campo: las plántulas significativamente más vigorosas correspondieron a semillas desarrolladas bajo luz natural (3.6), respecto a las desarrolladas bajo luz filtrada rojo lejano (2.36), (Cuadros 14 y 16).

No obstante, es importante destacar que las plántulas que alcanzaron en promedio el mayor vigor (3.6) provenientes del grupo desarrollado bajo luz natural, presentaron el porcentaje de germinación más bajo (34%), respecto a las semillas desarrolladas bajo luz filtrada, que aunque tuvieron menor vigor (2.36), fueron las que lograron mayor germinación (54%).

Cuadro 16. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de vigor de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, desarrolladas en campo bajo luz filtrada y luz natural.

| F.V.             | S.C.  | G.L. | C.M.  | F      | N.S.  |
|------------------|-------|------|-------|--------|-------|
| Entre grupos     | 3.844 | 1    | 3.844 | 20.339 | 0.002 |
| Dentro de grupos | 1.512 | 8    | 0.189 |        |       |
| Total            | 5.356 | 9    |       |        |       |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95.0%. |         |          |                   |
|-------------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                     | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| SF.                                       | 5       | 3.600    | *                 |
| CF.                                       | 5       | 2.360    | *                 |

6.3.3. ESTRATIFICACION A 4°C. Los resultados de germinación con semillas escarificadas, obtenidas de los 5 muestreos a las 3, 6, 9, 12 y 15 semanas de estratificación (Cuadros 17 y 18), siempre mostraron altos porcentajes de germinación cercanos o superiores al 80%, al cabo de 4 semanas de permanencia en condiciones favorables para el proceso. Aunque la respuesta final de los 5 muestreos fue similar, entre ellos se presentó un incremento ligeramente mayor después de las 9 semanas de estratificación.

Tal respuesta ocurrió principalmente durante las 2 primeras semanas de incubación a 25°C en oscuridad, sin diferencias entre las muestras que provenían de los tratamientos con baja temperatura y control a temperatura ambiente (Fig. 11).

Cuadro 17. Efecto de la estratificación a 4°C sobre la germinación de semillas maduras deshidratadas de *S. deppei* desarrolladas bajo condiciones de campo.

| Tratamiento<br>en semanas | % de germinación de semillas en oscuridad a 25°C |         |                       |         |
|---------------------------|--------------------------------------------------|---------|-----------------------|---------|
|                           | Estratificación a 4°C                            |         | Control a T° ambiente |         |
|                           | Esc.                                             | No esc. | Esc.                  | No esc. |
| 3                         | 84.0                                             | 21.0    | 78.0                  | 16.0    |
| 6                         | 81.0                                             | 39.0    | 82.0                  | 30.0    |
| 9                         | 97.0                                             | 37.0    | 93.0                  | 24.0    |
| 12                        | 99.9                                             | 38.0    | 98.0                  | 25.0    |
| 15                        | 100.0                                            | 50.0    | 99.0                  | 25.0    |
| $\bar{X}$                 | 92.2                                             | 37.0    | 90.0                  | 24.0    |

Cuadro 18. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de germinación de semillas maduras de *S. deppei* estratificadas a 4°C durante 15 semanas y desarrolladas en condiciones de campo con luz natural

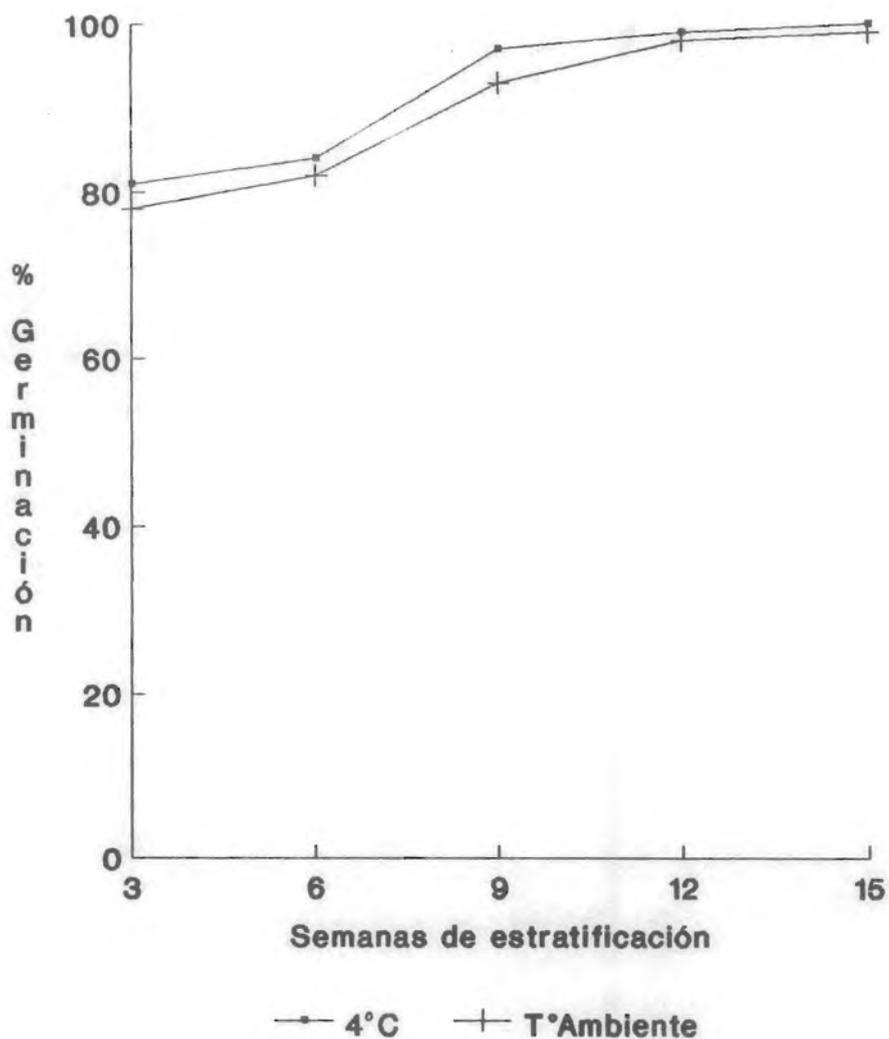
| F.V.                    | S.C.      | G.L. | C.M.      | F        | N.S.  |
|-------------------------|-----------|------|-----------|----------|-------|
| Efectos principales     | 53872.084 | 6    | 8978.681  | 225.623  | 0.000 |
| Estrat Tiempo           | 4334.603  | 4    | 1083.651  | 27.231   | 0.000 |
| Estrat Temp.            | 874.444   | 1    | 874.444   | 21.974   | 0.000 |
| Estrat Esc.             | 48663.036 | 1    | 48663.036 | 1000.000 | 0.000 |
| Interacción de factores | 2226.279  | 9    | 247.364   | 6.216    | 0.000 |
| Estrat Tiempo           | 166.733   | 4    | 41.683    | 1.047    | 0.387 |
| Estrat Temp.            | 1906.454  | 4    | 476.613   | 11.977   | 0.000 |
| Estrat Esc.             | 153.091   | 1    | 153.091   | 3.847    | 0.053 |
| Error                   | 3342.782  | 84   | 37.795    |          |       |
| Total                   | 59441.145 | 99   |           |          |       |

CV = 11

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95% |         |          | Grupos homogéneos |   |   |   |
|----------------------------------------|---------|----------|-------------------|---|---|---|
| Semanas                                | Conteos | Promedio | 1                 | 2 | 3 | 4 |
| 3                                      | 20      | 44.857   | *                 |   |   |   |
| 6                                      | 20      | 50.701   |                   | * |   |   |
| 9                                      | 20      | 56.314   |                   | * | * |   |
| 12                                     | 20      | 60.642   |                   |   | * | * |
| 15                                     | 20      | 62.864   |                   |   |   | * |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95% |         |          | Grupos homogéneos |   |  |  |
|----------------------------------------|---------|----------|-------------------|---|--|--|
| Temperatura                            | Conteos | Promedio |                   |   |  |  |
| 4°C                                    | 50      | 58.320   | *                 |   |  |  |
| T° Ambiente                            | 50      | 52.118   |                   | * |  |  |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95% |         |          | Grupos homogéneos |   |  |  |
|----------------------------------------|---------|----------|-------------------|---|--|--|
| Nivel                                  | Conteos | Promedio |                   |   |  |  |
| Esc.                                   | 50      | 77.135   | *                 |   |  |  |
| No Esc.                                | 50      | 33.016   |                   | * |  |  |



Escarificadas

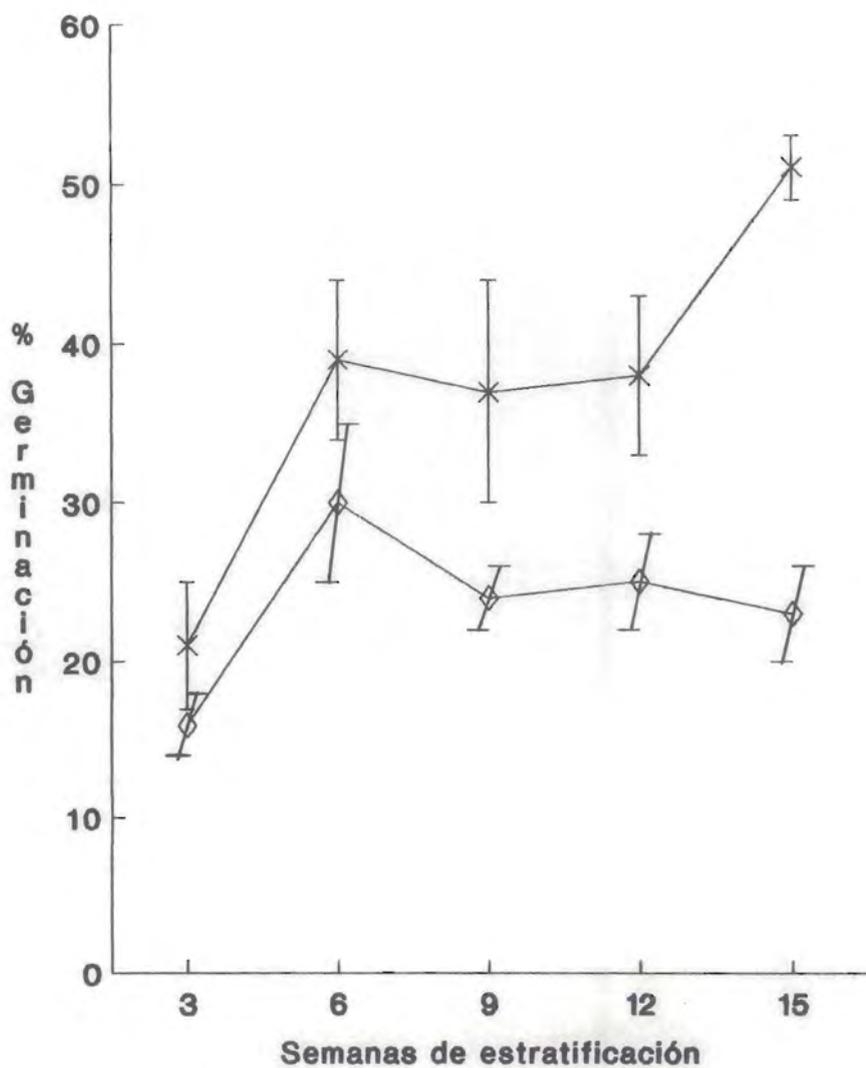
Fig. 11. Germinación de semillas maduras deshidratadas de *Sicyos deppel*, estratificadas a 4°C.

Respecto al grupo de semillas no escarificadas, los más altos porcentajes de germinación se presentaron en la tercera y cuarta semanas del proceso de germinación, tanto en las semillas estratificadas a 4°C (10.8%), como en el grupo control a temperatura ambiente (7.3%) (Fig. 12). En la respuesta final de los 5 muestreos (4ª semana de incubación a 25°C en oscuridad), se observaron diferencias en los porcentajes de germinación, siendo significativamente mayores los de estratificación a 4°C (50%), con respecto a los de temperatura ambiente (25%).

Zepeda (1988), en su ensayo de estratificación con *S. deppei* a 4°C y específicamente a las 4 semanas, logró obtener un 50% de germinación, valor que concuerda con el máximo registrado en el presente trabajo con semillas no escarificadas y estratificadas, pero que en este caso se obtuvo hasta la semana 15 de permanencia en el tratamiento en frío. El autor no hizo un estudio comparativo entre semillas escarificadas y no escarificadas y eligió un tiempo específico para su muestreo, por lo cual se tenía interés en conocer el comportamiento de las semillas intactas y con desgaste de su cubierta, ante un tratamiento de estratificación aplicado por tiempos diferentes.

Un estudio similar se llevó a cabo con *Sicyos angulatus* (Mann et al 1981) donde el porcentaje de germinación tuvo un ligero aumento a través del tiempo, al aplicar el tratamiento durante 18 semanas (de 0 a 11% en semillas no escarificadas y de 62 a 75% en semillas escarificadas); la escarificación logró un incremento considerable en la germinación de las semillas estratificadas.

Con los resultados en *S. deppei* nuevamente se confirma que la cubierta seminal es el mecanismo de control principal de la germinación en semillas recién cosechadas, considerada como latencia de tipo morfológica (Baskin y Baskin 1990) y que con el tiempo la impermeabilidad se va perdiendo paulatinamente, como lo confirman los resultados obtenidos en el grupo control.



No escarificadas    × 4°C    ◇ T Ambiente

**Fig.12. Germinación de semillas maduras deshidratadas de *Sicyos deppoi*, estratificadas a 4°C.**

Sin embargo, además del factor tiempo que va eliminando la latencia, se logró determinar una influencia significativa del tratamiento con baja temperatura, el cual promovió un incremento en los porcentajes de germinación.

Los resultados anteriores revelan que la población de semillas de *S. deppei* sujetas a un ambiente húmedo y con bajas temperaturas (como puede ocurrir en la temporada invernal con las lluvias que se presentan en ella), lograrían responder con mayores porcentajes de germinación en la temporada de primavera-verano, que aquellas que no quedaran expuestas a ésta condición.

Cabe señalar que el aumento en los porcentajes de germinación de semillas escarificadas ponen de manifiesto un control endógeno que requiere de un periodo de postmaduración para liberarse. En representantes de las familias Palmaceae, Magnoliaceae y Ranunculaceae (Barcello Col et al 1990), este obstáculo para la germinación se ha relacionado con embriones inmaduros que en el lapso de postmaduración completan sus requerimientos y germinan.

Se ha propuesto que los cambios que provoca la temperatura baja en las semillas y que conducen a la eliminación de la latencia, se relacionan con un incremento en la maquinaria para la síntesis de proteínas, que no es el resultado de una desrepresión genética. Así, la membrana del cuerpo protéico asumiría un estado casi cristalino que provocaría la inyección de la proteasa existente dentro de la matriz del cuerpo protéico. De esta manera, las temperaturas bajas podrían inducir la ruptura enzimática de las proteínas de almacenamiento; que a su vez proveerían de los aminoácidos necesarios para la síntesis de proteínas *de novo*, requeridas para el crecimiento (Murray 1984).

De manera global, los resultados de esta prueba en los cinco muestreos indican que en semillas escarificadas, la estratificación no tuvo efecto, a diferencia de las no escarificadas, donde la estratificación a 4°C provocó una ruptura o alteración de las cubiertas que permitieron obtener mayores porcentajes de germinación, que en las expuestas a temperatura ambiente.

#### 6.3.4. GERMINACION EN DIFERENTES CALIDADES DE LUZ.

6.3.4.1. EXPERIMENTO 1. Las semillas maduras recién cosechadas en las casas de sombra, mostraron diferencias en la respuesta de germinación de acuerdo a la luz a la que se expusieron para este proceso, así como a las condiciones en que se desarrollaron en el campo y a la escarificación (Cuadro 19).

Cuadro 19. Germinación de semillas maduras recién cosechadas de *S. deppei*, en tres calidades de luz (R, RL, y O) con y sin escarificación, bajo condiciones de laboratorio a 25°C.

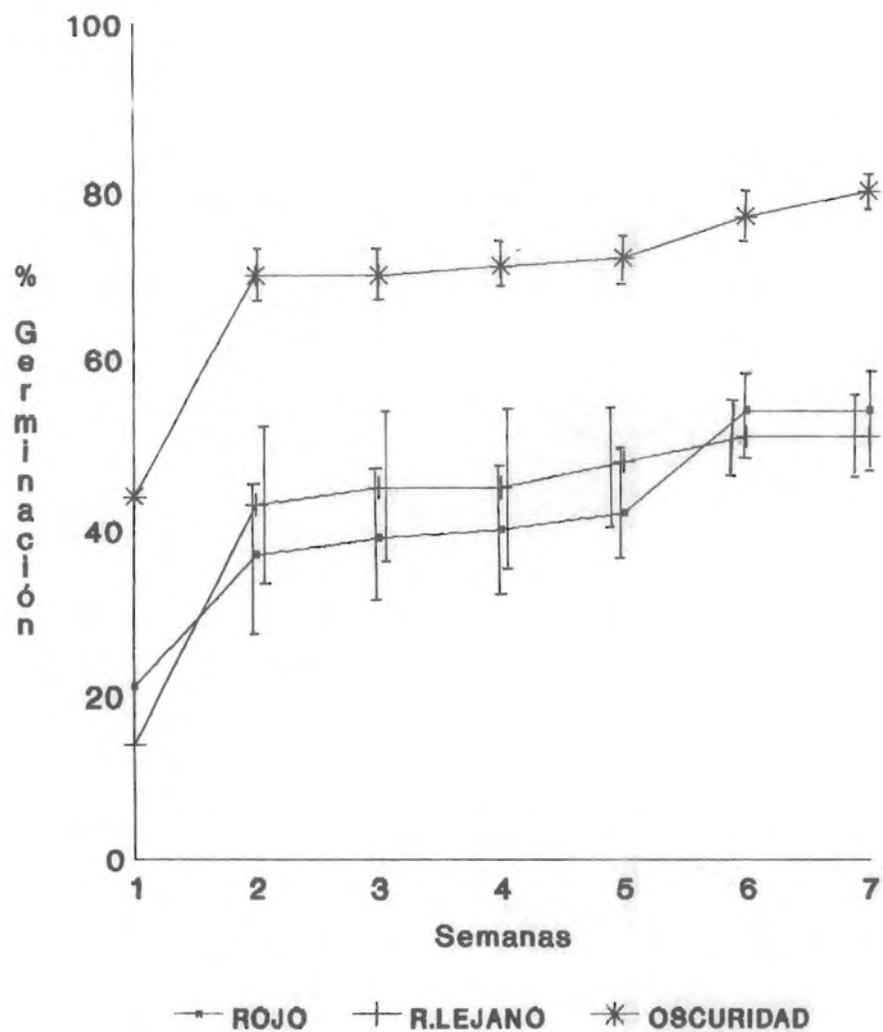
| CAJA                                      |   | LUZ ROJA |         | LUZ ROJA LEJANA |         | OSCURIDAD |         |
|-------------------------------------------|---|----------|---------|-----------------|---------|-----------|---------|
|                                           |   | ESC.     | NO ESC. | ESC.            | NO ESC. | ESC.      | NO ESC. |
|                                           |   | %        | %       | %               | %       | %         | %       |
| S<br>I<br>N<br>F<br>I<br>L<br>T<br>R<br>O | 1 | 52       | 0       | 48              | 4       | 80        | 0       |
|                                           | 2 | 60       | 0       | 52              | 8       | 76        | 8       |
|                                           | 3 | 40       | 0       | 36              | 8       | 76        | 16      |
|                                           | 4 | 68       | 4       | 60              | 4       | 84        | 8       |
|                                           | 5 | 52       | 0       | 60              | 8       | 84        | 4       |
| $\bar{X}$                                 |   | 54.40    | 0.8     | 51.20           | 6.40    | 80.0      | 7.2     |
| C<br>O<br>N<br>F<br>I<br>L<br>T<br>R<br>O | 1 | 64       | 4       | 92              | 16      | 88        | 4       |
|                                           | 2 | 32       | 4       | 80              | 16      | 76        | 16      |
|                                           | 3 | 44       | 0       | 84              | 12      | 80        | 4       |
|                                           | 4 | 36       | 8       | 92              | 0       | 84        | 12      |
|                                           | 5 | 56       | 0       | 72              | 4       | 92        | 8       |
| $\bar{X}$                                 |   | 46.40    | 3.20    | 84.0            | 9.60    | 84.0      | 8.80    |

El tratamiento de escarificación tuvo un efecto considerable, ya que aquellas semillas que no se sometieron al desgaste de su cubierta seminal presentaron bajos porcentajes de germinación que no rebasaron el 10%. En cambio en las escarificadas, se alcanzaron porcentajes de germinación superiores al 45%.

La respuesta conjunta de los 3 factores ensayados:  
a) calidad de luz durante el desarrollo (con filtro para luz roja lejana y sin filtro o natural), b) escarificación y c) calidad de luz en la germinación (oscuridad, luz roja lejana y luz roja) mostró a través del análisis de varianza, que hay una influencia significativa de la interacción de los 3 factores, lo que indica la existencia de diferencias en la respuesta obtenida.

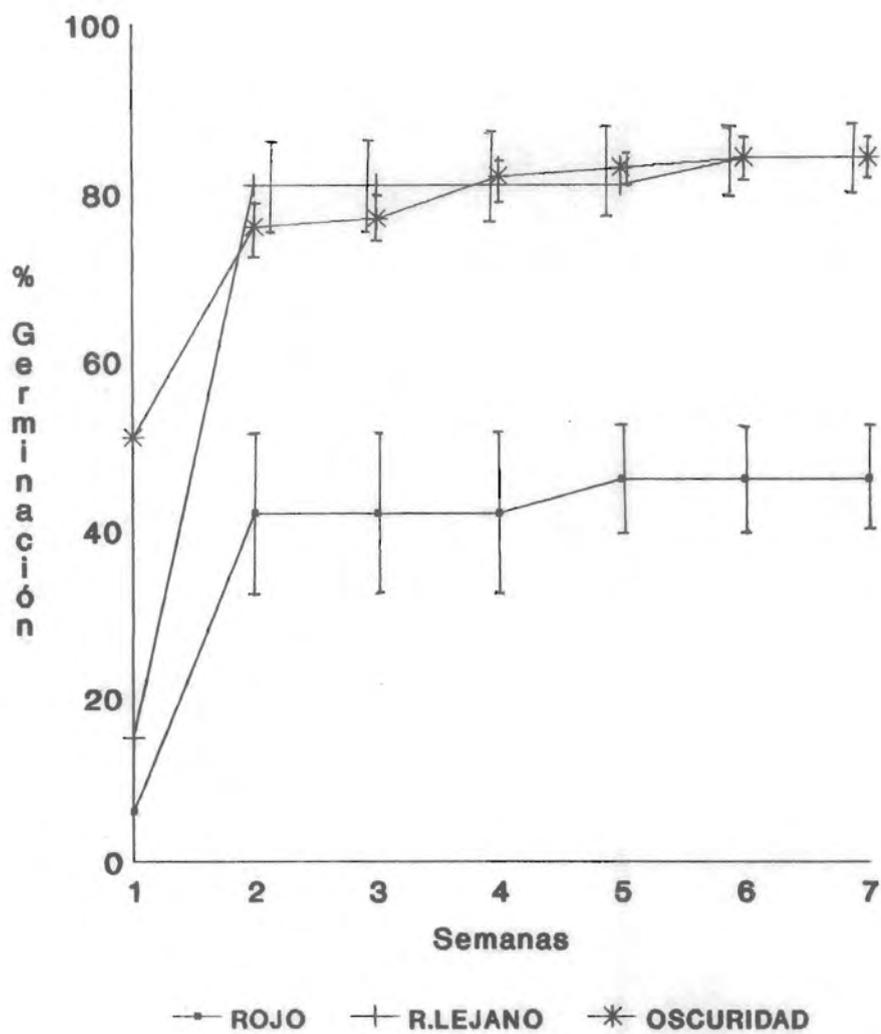
Al comparar los resultados obtenidos en la prueba de germinación (Cuadro 19), se observa la formación de tres conjuntos de datos cuya respuesta presentó diferencias por efecto del tratamiento (Figs. 13, 14, 15, 16 y 17).

El primer grupo correspondió a los porcentajes de germinación más bajos, menores al 20%, donde quedaron incluidas las semillas no escarificadas sujetas a los diferentes tratamientos de luz tanto en su desarrollo como en su germinación. El segundo grupo comprendió los porcentajes de germinación intermedios variando en un rango de 32 a 68%, e incluye semillas escarificadas que germinaron tanto en la luz roja y procedían de exposiciones a la luz natural y a la luz filtrada, así como aquellas que germinaron en la luz roja lejana y procedían de exposiciones a la luz natural.



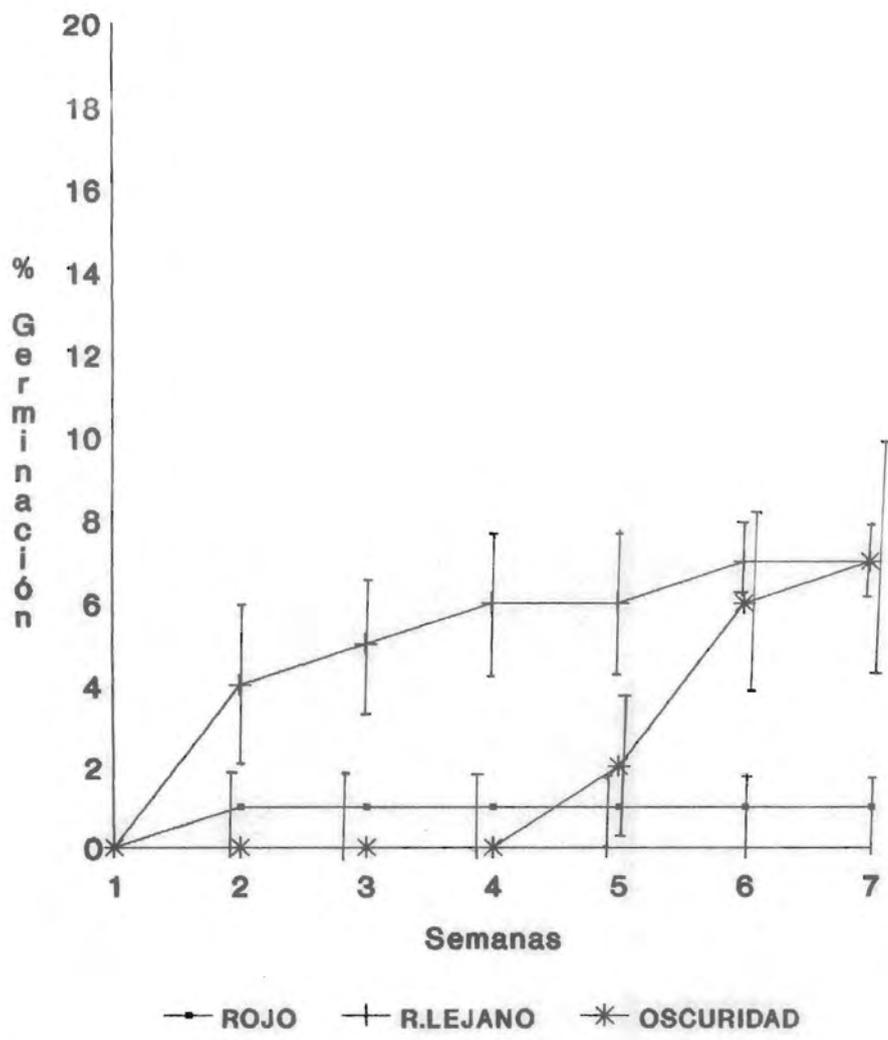
Sin filtro

Fig. 13. Semillas de *Sicyos deppel* escarificadas y germinadas en tres calidades de luz.



Con filtro

Fig.14 .Semillas de *Sicyos deppei* esscarificadas y germinadas en tres calidades de luz.

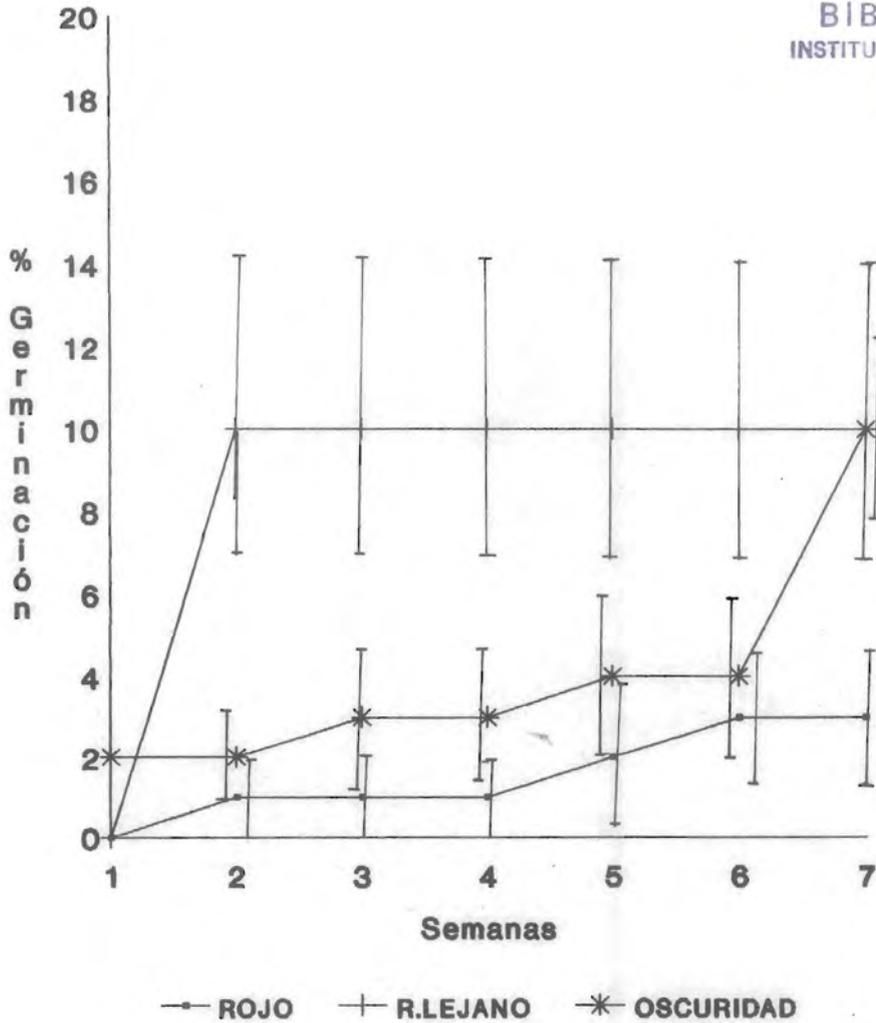


Sin filtro

Fig.15 .Semillas no escarificadas de *S. deppel* germinadas en tres calidades de luz



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM



Con filtro

**Fig.16 .Semillas no escarificadas de *S. deppel* germinadas en tres calidades de luz**

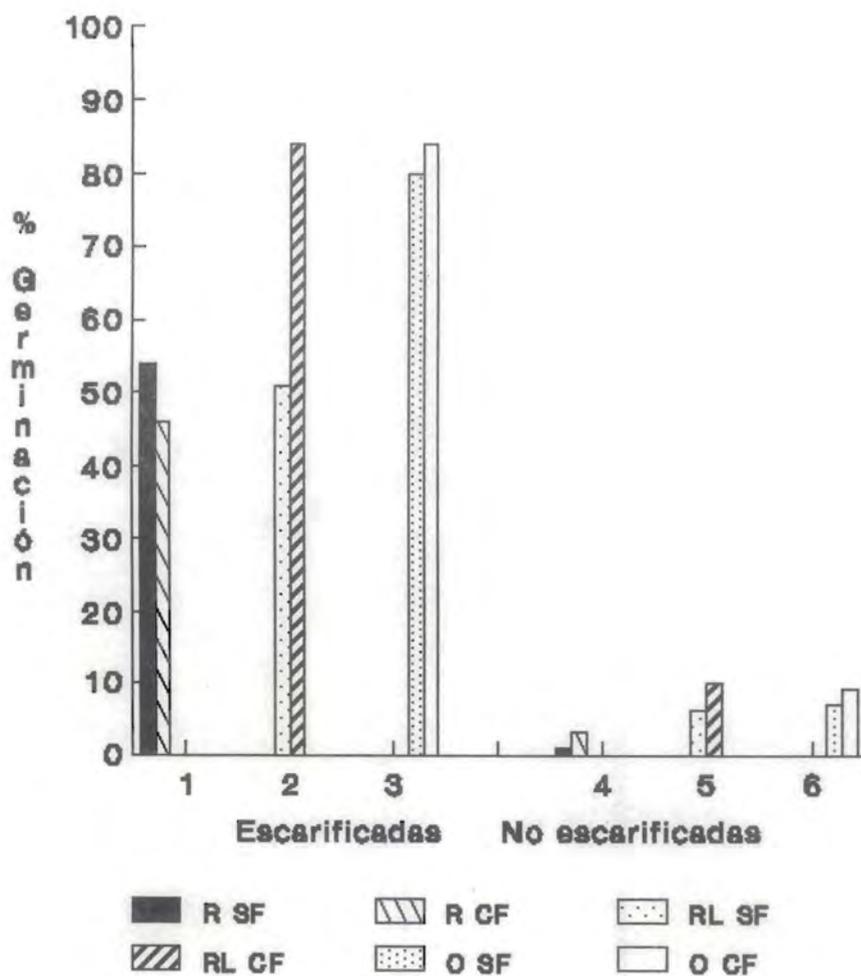


Fig. 17. Germinación en tres calidades de luz de semillas de *S. deppei*, con y sin filtro. Recién cosechadas.

El tercer grupo con los mayores porcentajes de germinación, comprendidos entre 72% a 92%, estuvo formado por el 50% de las semillas escarificadas. Estas germinaron tanto en oscuridad, habiéndose desarrollado en el campo bajo luz filtrada y bajo luz natural, como en la luz roja lejana, procediendo de una exposición a la luz filtrada en campo (casas de sombra).

El resultado del análisis estadístico (Prueba de Tukey), para el modelo propuesto; nos indica que los tratamientos de la calidad de la luz en la que se desarrollaron y deshidrataron las semillas en el campo, no tuvieron influencia significativa en la capacidad germinativa de las semillas de *S. deppei* no escarificadas. A su vez el efecto fue nulo entre las semillas escarificadas germinadas en luz roja y entre las germinadas en oscuridad. Sin embargo, el tipo de luz en que se desarrollaron las semillas sí promovió una respuesta diferente en aquellas que se germinaron bajo luz roja lejana, obteniendo valores más elevados en semillas con filtro (Cuadro 20).

Tomando en cuenta únicamente los tratamientos donde las semillas permanecieron sin escarificar y sus porcentajes de germinación fueron bajos, el análisis estadístico mostró que al término de 7 semanas de incubación en las 3 condiciones de iluminación los mayores porcentajes se alcanzaron en las semillas expuestas a luz roja lejana y a oscuridad, tanto en el grupo desarrollado sin filtro (RL = 6.4% y Oscuridad = 7.2%), como en el que lo hizo con filtro (RL = 9.6% y Oscuridad = 8.8%). Ello contrasta con los resultados obtenidos en luz roja, donde la respuesta de germinación fué mínima, con 0.8% en semillas desarrolladas sin filtro y 3.2% en las que lo hicieron con filtro.

Cuadro 20. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la germinación en tres calidades de luz (R, RL y O), de semillas de *S. deppei* escarificadas y no escarificadas, provenientes de luz filtrada y luz natural.

| F.V.                | S.C.      | G.L. | C.M.      | F       | N.S.  |
|---------------------|-----------|------|-----------|---------|-------|
| Efectos principales | 31638.173 | 4    | 7822.711  | 147.400 | 0.000 |
| LF.                 | 347.330   | 1    | 347.330   | 8.249   | 0.006 |
| LG.                 | 2388.114  | 2    | 1194.057  | 28.360  | 0.000 |
| Esc.                | 28555.339 | 1    | 28555.339 | 678.285 | 0.000 |
| Interac. de fact.   | 648.234   | 7    |           |         |       |
| LF-LG.              | 289.740   | 2    | 144.870   | 3.441   | 0.040 |
| LF-Esc.             | 49.395    | 1    | 49.395    | 1.173   | 0.284 |
| LG-Esc.             | 309.099   | 2    | 154.550   | 3.671   | 0.033 |
| LF-LG-Esc.          | 632.583   | 2    | 316.291   | 7.512   | 0.001 |
| Error               | 2020.988  | 48   | 42.104    |         |       |
| Total               | 34307.395 | 59   |           |         |       |

CV = 19.

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%, |         |           |                   |
|-----------------------------------------|---------|-----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio  | Grupos homogéneos |
| CF.                                     | 30      | 36.165667 | *                 |
| SF.                                     | 30      | 31.351667 | *                 |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%, |         |           |                   |
|-----------------------------------------|---------|-----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio  | Grupos homogéneos |
| O.                                      | 20      | 40.124500 | *                 |
| RL.                                     | 20      | 35.992000 | *                 |
| R.                                      | 20      | 25.162500 | *                 |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%, |         |           |                   |
|-----------------------------------------|---------|-----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio  | Grupos homogéneos |
| Esc.                                    | 30      | 55.575333 | *                 |
| No Esc.                                 | 30      | 11.944000 | *                 |

Es interesante hacer notar que en la dinámica de germinación de semillas no escarificadas la respuesta más rápida se presentó en la condición de luz roja lejana y sólo hasta la 7a semana, las semillas expuestas a oscuridad alcanzaron valores similares a aquellas.

Respecto a las semillas escarificadas, en las desarrolladas sin filtro se encontró que a partir de la 2a semana en condiciones de germinación se alcanzaron los mayores porcentajes. En ellos se aprecia que los valores obtenidos en luz roja (54.4%) y en roja lejana (51.2%), no presentaron diferencias entre sí, pero ambos casos se vieron superados considerablemente (en un 30% aproximadamente) por los resultados en oscuridad (80%).

Al comparar los registros de germinación de semillas desarrolladas sin filtro, con los de aquellas desarrolladas con filtro, en éstas últimas la condición de oscuridad sigue superando casi al doble y desde la 2a semana (más del 80% de germinación) a los resultados obtenidos en luz roja (46.4% de germinación). Sin embargo, en este caso las semillas que se expusieron a la luz roja lejana para su germinación mostraron valores elevados (84%), sin diferencia significativa a los logrados en oscuridad (84%).

Cabe resaltar que entre las semillas escarificadas fueron claras las diferencias entre los altos porcentajes de germinación alcanzados en oscuridad, respecto a los logrados en luz roja, en cuyos resultados no influyeron las condiciones lumínicas en que se habían desarrollado las semillas. Sin embargo, cuando las semillas se sometieron a luz roja lejana para su germinación, se detectaron diferencias en su respuesta fotoblástica, que se pueden atribuir a las condiciones lumínicas a que estuvieron sometidas en la planta madre durante el desarrollo y maduración de los frutos: aquellas expuestas a la luz natural (sin filtro),

con una alta proporción de luz roja, produjeron porcentajes de germinación más bajos que en las desarrolladas bajo luz roja lejana proporcionada por el filtro.

Los datos obtenidos con semillas no escarificadas conducen a pensar que, aunque los porcentajes de germinación fueron bajos, hay un efecto negativo de la luz roja sobre la germinación y una promoción del proceso por la luz roja lejana y la oscuridad.

Los hallazgos con semillas escarificadas que se habían desarrollado sin filtro apoyan el efecto positivo del ambiente de oscuridad, aunque en este caso la influencia de las luces roja y roja lejana no mostró respuestas contrarias.

Para el caso de semillas escarificadas que se habían desarrollado con filtro, los altos porcentajes de germinación alcanzados en las condiciones de rojo lejano y oscuridad, que diferían significativamente de los obtenidos en luz roja, ofrecieron nuevos elementos para proponer que una proporción considerable de la población de semillas recién formadas son fotoblásticas negativas, sufriendo un decremento importante en su germinación cuando se les expone a la luz roja.

Es evidente que la luz en que se desarrollaron las semillas y la luz de germinación, no influyeron en la ruptura de la latencia impuesta por la cubierta seminal impermeable (cubierta dura) y que sólo a través de la escarificación se logró superar esta barrera.

En *S. deppei* se ha demostrado que la cubierta seminal impermeable es un mecanismo que impone latencia afectando la germinación. Otras características internas inhiben parcialmente la germinación, aun después de eliminar la barrera de la cubierta dura (Cruz 1989, Osuna 1990, Wong 1991, Brechú Franco et al 1992).

Una vez que las semillas se embebieron, se lograron distinguir los efectos de los tratamientos de la luz. Así, la germinación en oscuridad de semillas desarrolladas con y sin filtro y la germinación en luz roja lejana de semillas desarrolladas con filtro, dan lugar a proponer 2 posibles explicaciones: una de ellas, es que la calidad de luz en que germinaron las semillas influyó sobre la respuesta al poner en evidencia su característica de fotoblásticas negativas por los altos porcentajes de germinación obtenidos tanto en la oscuridad con semillas desarrolladas con y sin filtro, como en rojo lejano con semillas desarrolladas con filtro. Sin embargo, la segunda explicación, se puede relacionar tanto con la cantidad de luz o flujo fotónico que recibieron los frutos durante su desarrollo, así como al que se expusieron durante su germinación. De esta forma, aquellas germinadas en la oscuridad, recibieron el menor flujo fotónico. En cuanto a las germinadas bajo luz roja lejana desarrolladas con filtro, la reducción del flujo que produce esta luz pudo haberse conjuntado con la disminución que provocó la condición de luz filtrada durante la formación de las semillas, alcanzando un grado tal que se logró semejar la condición de oscuridad.

En semillas escarificadas de *S. deppei* que lograron embeberse, se apreció que la luz roja (promotora en otras especies de la fotoconversión de la forma inactiva del fitocromo Pr, a la forma activa Pfr) en este caso ejerció un efecto inhibitorio sobre la germinación de semillas recién cosechadas, que redujo a poco más de la mitad los máximos valores de germinación alcanzados en esta etapa (de aproximadamente 80% en oscuridad a casi el 50% en luz roja). Tales resultados señalan que la especie presenta una proporción considerable de semillas fotoblásticas negativas y que esta supresión de la germinación por irradiación prolongada, se relaciona con las reacciones de alta energía, como se han reportado en algunas especies como *Amaranthus arenicola*, *Nemophila insignis* y *Poa pratensis* (Hendricks et al 1968).

La respuesta diferencial de las semillas de *S. deppei* a la luz a la cual se expusieron para su germinación demuestra distintos grados de sensibilidad a este factor. La causa de tal versatilidad puede provenir de variaciones en los intermediarios que acumularon las semillas, los cuales pueden convertirse en la forma inactiva Pr o transformarse en la forma activa Pfr, hasta alcanzar una cantidad particular mínima del mismo para germinar, conocida como valor umbral del Pfr. En términos de estado fotoestacionario, se dice que la concentración del fitocromo activo respecto al fitocromo total (P), debe alcanzar niveles suficientes para que se presente la respuesta fisiológica.

En *S. deppei* se observó que al menos el 50% de las semillas tuvo la capacidad para germinar en cualquiera de las condiciones de luz, por lo que este conjunto se podría considerar como semillas indiferentes, con suficiente fitocromo en la forma activa Pfr para desencadenar el proceso al contener humedad y temperatura adecuadas.

Tal nivel de fitocromo pudo provenir de una inducción de la forma activa Pfr, durante el desarrollo de la semilla, que persistió en la semilla seca y se mantuvo con niveles superiores al valor umbral de Pfr para germinar, cuando se eliminaron los obstáculos de impermeabilidad y se brindaron condiciones propicias de germinación (Shropshire y Mohr 1983).

Frankland (1976) ha propuesto que en la maduración y consecuente deshidratación de las semillas en la planta madre, se puede quedar atrapada una cierta proporción de fitocromo en su forma activa Pfr o como intermediarios que puedan formar Pfr en la rehidratación. En *Galium spurium*, Malik y Vanden Born (1987) proponen que el Pfr que permanece después de la maduración del fruto, puede disparar la germinación una vez que se ha llevado a cabo la rehidratación en la oscuridad.

El 50% restante de las semillas escarificadas de *S. deppei*, presentaron una latencia endógena, del cual el 20% no logró salir de este estado bajo las condiciones de germinación a las que se expusieron, mientras que el 30% sí revirtió la latencia por medio de estímulos lumínicos específicos.

Así, de la población de semillas recién cosechadas y escarificadas de *S. deppei*:

- a) El 50% serían semillas no latentes e indiferentes a la luz,
- b) El 20% serían semillas con latencia endógena no relacionada con luz, y
- c) El 30% serían semillas fotoblásticas negativas.

En relación a las semillas fotoblásticas o sensibles a la luz, correspondientes a los incisos a) y c), se puede proponer que los registros de germinación cercanos al 50% obtenidos con luz roja, corresponderían sólo al grupo de semillas indiferentes debido a que este tipo de luz provocó una inhibición de su respuesta en las semillas fotoblásticas negativas. En cambio, con los resultados del 80% de germinación obtenidos en semillas expuestas a la oscuridad, cabría suponer que implican el porcentaje de las semillas indiferentes (alrededor del 50%), más el 30% de germinación de semillas fotoblásticas negativas que promovieron su respuesta en esta condición de ausencia de luz.

Considerando sólo estas dos condiciones de germinación, la explicación estaría vinculada a la presencia de intermediarios del fitocromo en el 30% de la población de semillas, los cuales pudieron acumularse en su desarrollo y tendrían las siguientes posibilidades en condiciones de germinación:

- a) Completar su conversión hacia Pfr, con lo que se acumularía suficiente fitocromo activo para superar el valor umbral del mismo para poder germinar, como sucedió probablemente ante el estímulo en oscuridad.

- b) Revertir su tendencia hacia Pfr y convertirse en la forma inactiva Pr, o mantenerse como intermediarios de vida larga, lo cual evitaría alcanzar el valor umbral de Pfr para germinar, como ocurrió posiblemente en la exposición a luz roja.

A pesar de la afirmación general de que la forma inactiva de fitocromo (Pr) es estable en la oscuridad, mientras que la forma activa (Pfr) no lo es, la aplicación de irradiaciones durante tiempos prolongados: "reacciones de alta energía", ha revelado otro tipo de cinética para las fotorrespuestas:

El hecho de que las dos formas del fitocromo Pr y Pfr sobrelapen en parte sus espectros de absorción en la zona del rojo, ha hecho pensar en la posibilidad de que la radiación roja lejana (absorbida en gran parte por Pfr  $\xrightarrow{720 \text{ nm}}$  Pr) pudiera también ser absorbida por el Pr  $\xrightarrow{720 \text{ nm}}$  Pfr. Así, la luz roja lejana continua de 720 nm durante el desarrollo de las semillas de *S. deppoi*, podría causar la existencia de una cantidad substancial de intermediarios en estado estacionario (Kendrick y Spruit 1976 en: Botha y Small 1988). Tales intermediarios serían susceptibles de completar la conversión a la forma activa del fitocromo (Pfr), al exponerlos a un ambiente de oscuridad durante la condición de germinación, produciendo una concentración de Pfr superior al valor umbral requerido para germinar. Barcelló Coll et. al (1990) señalan que tal cantidad correspondería en avena a un nivel bajo pero suficiente y estable de fitocromo activo, del orden de Pfr/Pt = 0.03 - 0.06 (3.0-6%)

Enfocando ahora los menores porcentajes de germinación registrados en luz roja, respecto a los alcanzados en oscuridad, éstos se podrían deber a 2 causas principales, como se propone para *Citrullus lanatus* (Botha y Small, 1988):

- a) Altas tasas de ciclaje del fitocromo cuando se irradian las semillas con tal longitud de onda, provocando que no se pudiera obtener un valor umbral del Pfr suficiente para germinar, y/o

- b) Intermediarios del fitocromo con tiempos de vida más larga, que requerirían de lapsos mayores para fotoconvertirse a Pfr bajo luz roja.

Hasta el momento, los resultados parecerían mostrar que las condiciones en que se desarrollaron y maduraron las semillas en la planta, no ejercieron un efecto diferencial y que las semillas provenientes de la exposición a luz natural y a la luz filtrada en las casas de sombra, presentaban los mismos patrones de respuesta ante los estímulos de luz roja y oscuridad impuestos durante su germinación.

Sin embargo, al exponer las semillas a la condición de luz roja lejana, fue evidente una respuesta distinta, cuya explicación estuvo muy relacionada con el ambiente lumínico en que se desarrollaron:

- a) Aquellas provenientes de luz natural, tuvieron porcentajes de germinación del 50%, semejantes a los registrados en luz roja, lo que indicaría en este caso que las semillas sensibles a la luz bloquearon su respuesta germinativa ante el estímulo de la luz roja lejana y sólo se habría llevado a cabo la germinación de las semillas indiferentes.
- b) En cambio, las semillas formadas bajo luz filtrada se comportaron como las germinadas en oscuridad con porcentajes cercanos al 80%, logrando estimular posiblemente, sus semillas fotoblásticas por la influencia de la luz roja lejana. Así se tendría un 50% de germinación de semillas indiferentes, más un 30% de las semillas fotoblásticas negativas.

Se pone de manifiesto que las semillas fotoblásticas, no habían acumulado el mismo tipo de intermediario, o que la etapa de transformación de los intermediarios hacia la forma activa Pfr, estaba más cercana en semillas desarrolladas bajo filtro promoviendo que su cambio se viera favorecido no sólo por un estímulo fuerte como la oscuridad, sino también por uno menos potente, pero efectivo como la luz roja lejana.

Por el contrario, en el grupo de semillas desarrolladas en luz natural, la etapa de transformación de los intermediarios hacia el Pfr, debió estar más alejada o produjo intermediarios de vida larga, que no lograron convertirse a la forma activa ante el estímulo de la luz roja lejana, provocando que no se alcanzara el valor umbral del Pfr para desencadenar su germinación.

Dado que la luz transmitida por los tejidos que contienen clorofila, estará enriquecida con longitudes de onda del rojo lejano del espectro (Smith 1982), cabe recordar que las semillas de *S. deppei* llevan a cabo su formación bajo la cubierta verde del fruto, el cual también está actuando como filtro de luz, reteniendo longitudes de onda en rojo y permitiendo el paso de aquellas en rojo lejano.

A esto se le puede aunar la influencia que tiene la luz sobre las infrutescencias ubicadas en distintos niveles de la planta: aquellas localizadas en diferentes posiciones del dosel, estarán expuestas a una distinta relación de luz rojo/rojo lejano durante el desarrollo. Así, las propiedades de filtración de la luz, por parte de los tejidos maternos que rodean a las semillas, podrían ser responsables de esta sensibilidad a la luz. Cresswell y Grime (1981) encontraron que el contenido de clorofila de las estructuras que rodean a semillas de distintas especies, se correlacionaban negativamente con la capacidad de germinación de las mismas. Sin embargo, en el presente trabajo se encontró el efecto contrario, pues mientras mayor cantidad de filtros pasó la luz, las semillas lograron aumentar su sensibilidad para detectar ambientes oscuros o con alta proporción de luz roja lejana y germinar.

De esta forma, las semillas que se desarrollaron bajo luz natural debieron recibir una mezcla de longitudes de onda en las que habría luz roja lejana y luz roja, provocando ésta última altas tasas de reciclaje del fitocromo y/o la formación de

intermediarios de vida media larga, que impedirían alcanzar el valor umbral del  $P_{rr}$  para la germinación del 30% de las semillas de la población.

En cambio las semillas que se formaron bajo filtro de luz (rojo lejano), recibieron un flujo lumínico con mayor proporción de luz roja lejana, debido a que la luz incidente pasó primero a través de la mica y más adelante tuvo que traspasar el filtro del fruto verde que rodea a la semilla; así, la relación R/RL que llegó a la semilla debió de ser baja. Con la luz roja lejana se convertiría una mayor proporción del fitocromo a su forma  $P_r$  y ésta lograría formar una mayor cantidad de intermediarios que podrían convertirse en  $P_{rr}$  bajo un estímulo adecuado en condiciones de germinación (luz roja lejana), permitiéndoles alcanzar una concentración superior al valor umbral de  $P_{rr}$  para germinar.

De los resultados anteriores se puede suponer que el gradiente en la respuesta fotoblástica de *S. deppei*, le permite cierta plasticidad adaptativa a las condiciones naturales en que se desarrolla, como ocurre con la respuesta germinativa en la especie *Piper hispidum* (Ludlow y Vásquez-Yanes 1976).

Tomando en cuenta el conjunto de resultados de semillas recién cosechadas de *S. deppei*, se puede proponer que en el momento de su dispersión, si las condiciones ambientales fueran propicias, las semillas sin desgaste de su cubierta (no escarificadas) tendrían la capacidad de responder con porcentajes bajos de germinación cercanos al 10%, siempre y cuando logran su enterramiento en el suelo. Si estas semillas quedaran distribuidas en niveles profundos en los que la luz quedara bloqueada completamente y prevaleciera un ambiente oscuro, o en niveles menos profundos en los que el paso de la luz por los distintos estratos hubiera provocado el cambio en su

calidad de luz roja a roja lejana, entonces su germinación se vería favorecida con porcentajes cercanos al 10%, a diferencia de semillas ubicadas en los estratos más cercanos a la superficie, que reciben luz con una alta proporción de luz roja, donde los porcentajes serían mínimos.

En el caso de que llegaran a presentar escarificación de su cubierta seminal, la germinación tendría un incremento considerable y también se vería favorecida si prevaleciera un ambiente de oscuridad (niveles profundos). Sin embargo aun aquellas semillas localizadas en niveles superficiales, con una exposición a altas proporciones de luz roja que reprimió la respuesta de las mismas, tendrían la posibilidad de germinar con porcentajes superiores al 40%.

En niveles menos profundos, donde la luz que imperara correspondiera al rojo lejano, la germinación de semillas escarificadas podría oscilar entre un 50% y 80% aproximadamente, dependiendo de si las semillas localizadas en estos estratos se hubieran desarrollado bajo luz natural o bajo luz filtrada respectivamente.

*S. deppei* es una planta trepadora que forma inflorescencias a lo largo del tallo, quedando expuestas bajo diferentes niveles del dosel vegetal, por lo cual reciben la luz natural con distinta calidad espectral a medida que ésta se va filtrando a través del paso por el follaje. De acuerdo a ello, la calidad de luz que recibieron los frutos durante el desarrollo y maduración de las semillas afectó el estado y la proporción del fitocromo de las mismas y su germinación fue diferencial al exponerlas a la luz roja lejana.

6.3.1.2. EXPERIMENTO 2. Las semillas maduras y deshidratadas de *S. deppei* que se evaluaron seis meses después de su cosecha, mostraron de manera global que el tratamiento de escarificación tuvo nuevamente un efecto considerable sobre la germinación de las semillas, ya que los máximos porcentajes obtenidos con semillas no escarificadas (58%) fueron superados significativamente por los alcanzados en semillas escarificadas (100%).

Sin embargo, en esta etapa se pudo apreciar una ruptura de la latencia impuesta por cubierta seminal impermeable, al obtener porcentajes de germinación desde un 28% a un 56%, que contrastaron con los valores menores al 10% registrados para semillas recién cosechadas.

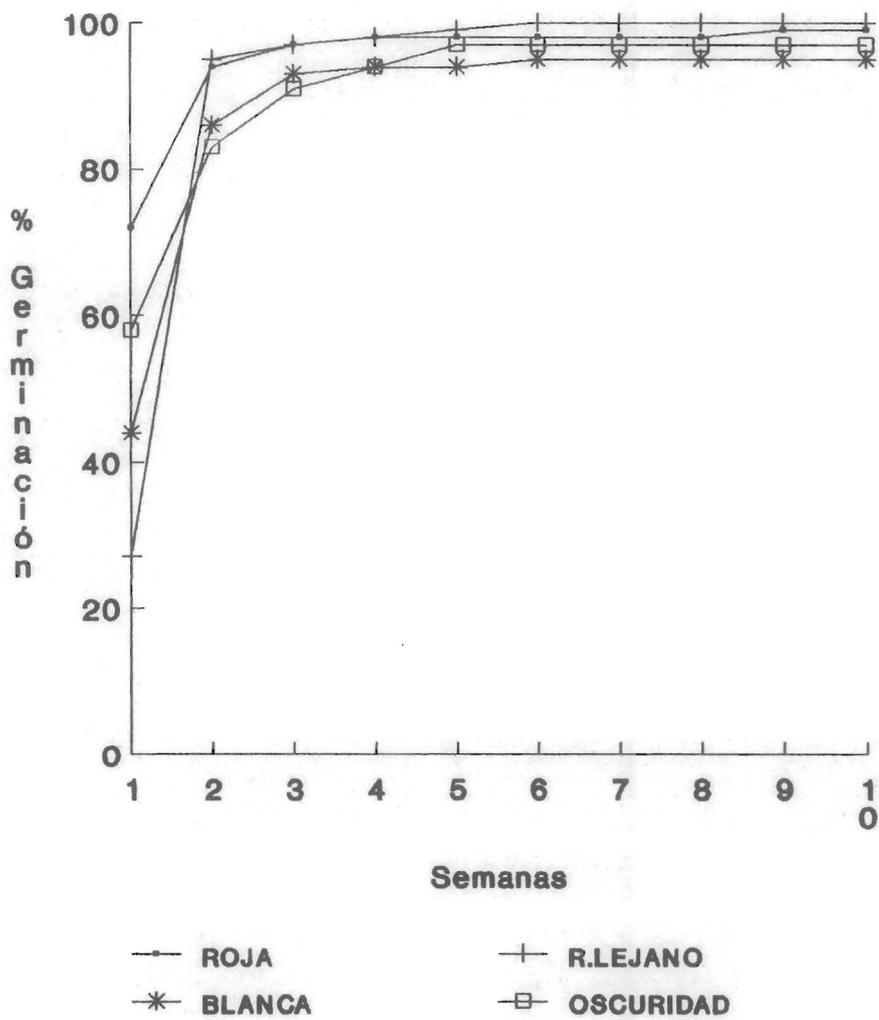
Las semillas latentes cuando se mantienen secas, paulatinamente van perdiendo este estado a través de cambios que se suceden bajo la influencia de factores ambientales. En *Sida spinosa*, Egley y Paul (1982) señalan que bajo la temperatura de laboratorio se incrementó la permeabilidad de la cubierta seminal al agua, posiblemente a través de un aumento de la fragilidad en las paredes celulares de sitios débiles de la semilla.

La respuesta de *S. deppei* ante la escarificación, reveló que la dureza de la cubierta seminal continua siendo un mecanismo controlador de su germinación después de 6 meses de la dispersión de su semilla.

Enfocando a las semillas escarificadas, éstas no presentaron diferencias en su respuesta de germinación de acuerdo a las cuatro condiciones de luz en que se hicieron germinar, ni tampoco respecto al ambiente lumínico en que se desarrollaron en las casas de sombra, con porcentajes elevados que oscilaron entre el 97% y el 100% (Cuadro 21 y 22, Figs. 18, 19 y 22).

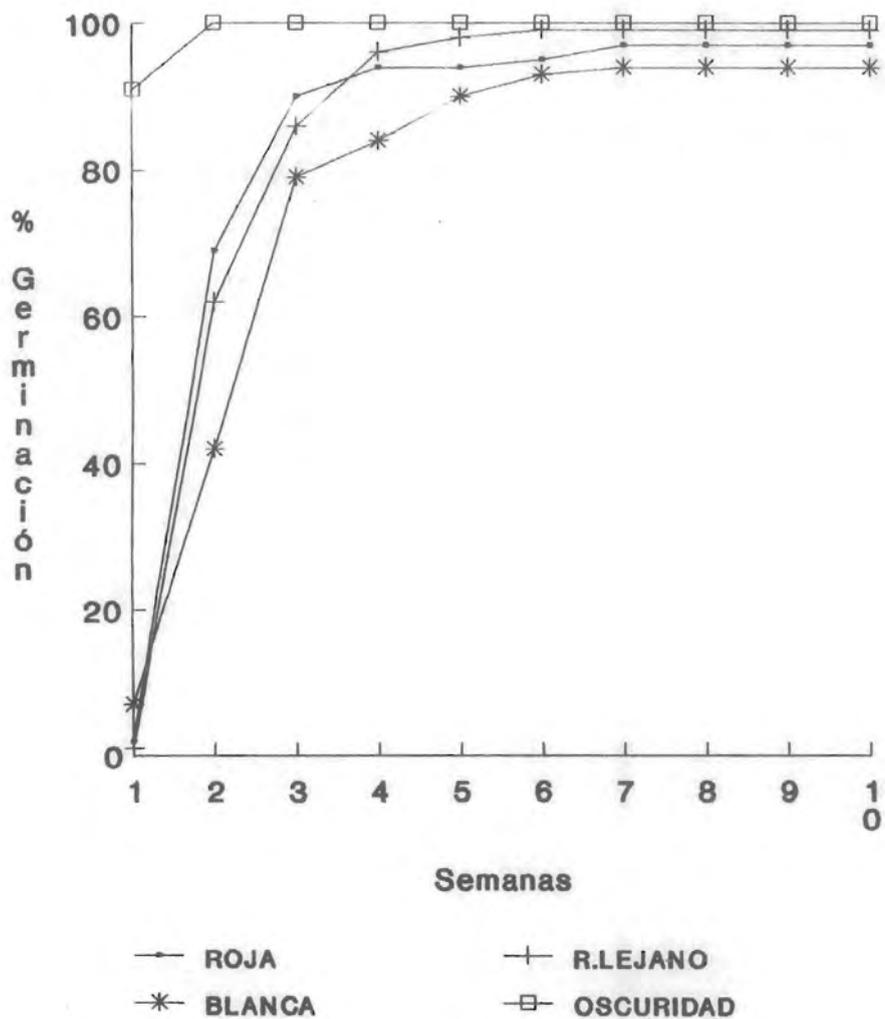
Cuadro 21. Porcentaje de germinación en semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*, en condiciones de laboratorio a 25°C bajo cuatro calidades de luz (R, RL, B, y O), seis meses después de cosechadas con y sin escarificación.

| CAJA                                      |   | LUZ ROJA |        | ROJA LEJANA |        | OSCURIDAD |        | BLANCA |        |
|-------------------------------------------|---|----------|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|--------|
|                                           |   | ESC.     | NO ESC | ESC.        | NO ESC | ESC.      | NO ESC | ESC.   | NO ESC |
|                                           |   | %        | %      | %           | %      | %         | %      | %      | %      |
| S<br>I<br>N<br>F<br>I<br>L<br>T<br>R<br>O | 1 | 100      | 44     | 100         | 44     | 96        | 36     | 88     | 60     |
|                                           | 2 | 96       | 48     | 100         | 36     | 96        | 44     | 96     | 52     |
|                                           | 3 | 100      | 40     | 100         | 48     | 100       | 52     | 96     | 64     |
|                                           | 4 | 100      | 48     | 100         | 40     | 100       | 32     | 100    | 52     |
|                                           | 5 | 96       | 28     | 100         | 60     | 92        | 20     | 96     | 64     |
| $\bar{X}$                                 |   | 98       | 42     | 100         | 46     | 97        | 37     | 95     | 58     |
| C<br>O<br>N<br>F<br>I<br>L<br>T<br>R<br>O | 1 | 100      | 36     | 100         | 16     | 100       | 24     | 100    | 56     |
|                                           | 2 | 92       | 28     | 100         | 44     | 100       | 32     | 100    | 52     |
|                                           | 3 | 100      | 52     | 100         | 36     | 100       | 36     | 100    | 44     |
|                                           | 4 | 92       | 48     | 100         | 24     | 100       | 36     | 92     | 44     |
|                                           | 5 | 100      | 40     | 96          | 20     | 100       | 44     | 88     | 36     |
| $\bar{X}$                                 |   | 97       | 41     | 99          | 28     | 100       | 34     | 96     | 46     |



Escarificadas

Fig. 18. Semillas de *Sicyos deppel* sin filtro germinadas en cuatro calidades de luz.

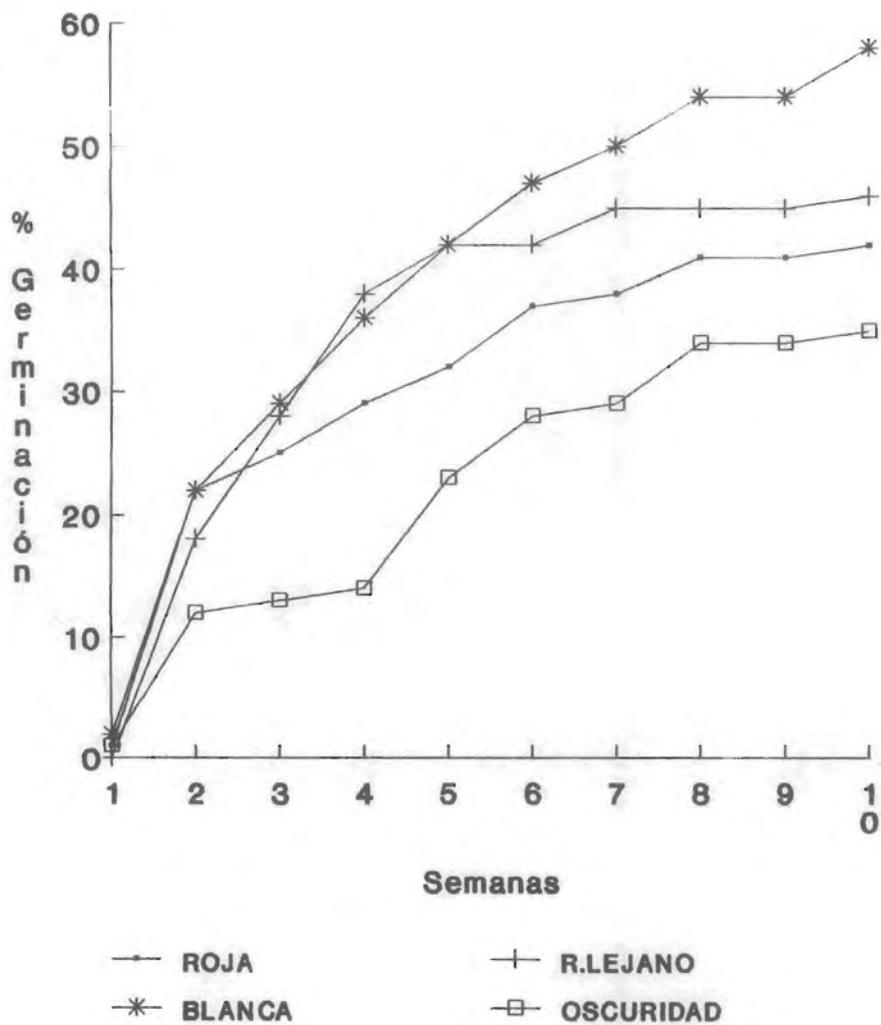


Escarificadas

Fig.19 .Semillas de *Sicyos deppei* con filtro germinadas en cuatro calidades de luz.

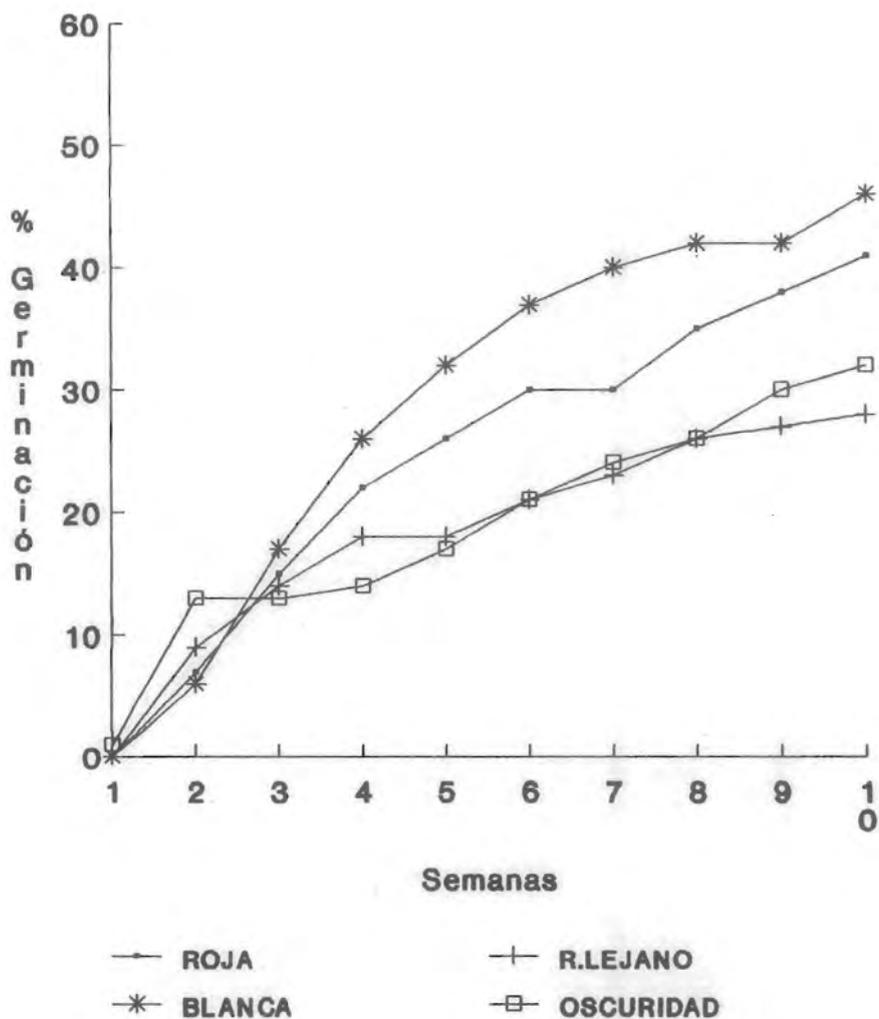
En cambio, en semillas no escarificadas se presentaron respuestas especiales: la luz de germinación no tuvo una influencia distintiva entre las semillas que se habían desarrollado bajo la luz natural, con porcentajes al rededor del 45%; sin embargo, sí se detectó un efecto significativo de la luz en semillas desarrolladas bajo luz filtrada (rojo lejano), cuya germinación se vió reducida al exponerlas a oscuridad (34%) y a luz roja lejana (28%), respecto a las luces blanca (46%) y roja (41%). En este caso, se esboza una tendencia de una pequeña proporción de las semillas desarrolladas con filtro, a comportarse como fotoblásticas positivas (Cuadro 21 y 22, Figs. 20, 21 y 22).

El cambio en fotosensibilidad de las semillas, se ha reportado en distintas especies como *Rumex crispus* y *Echinochloa crus-galli*, las cuales inicialmente no eran fotoblásticas, pero desarrollaron esta caracteística bajo condiciones ambientales específicas (Taylorson 1970). Wesson y Wareing (1969) señalan que las sustancias volátiles que producen las semillas enterradas en el suelo, inducen en las mismas un requerimiento de luz.



No escarificadas

Fig.20. Semillas de *Sicyos deppei* sin filtro germinadas en cuatro calidades de luz.



No escarificadas

Fig.21 .Semillas de *Sicyos deppei* con filtro germinadas en cuatro calidades de luz.

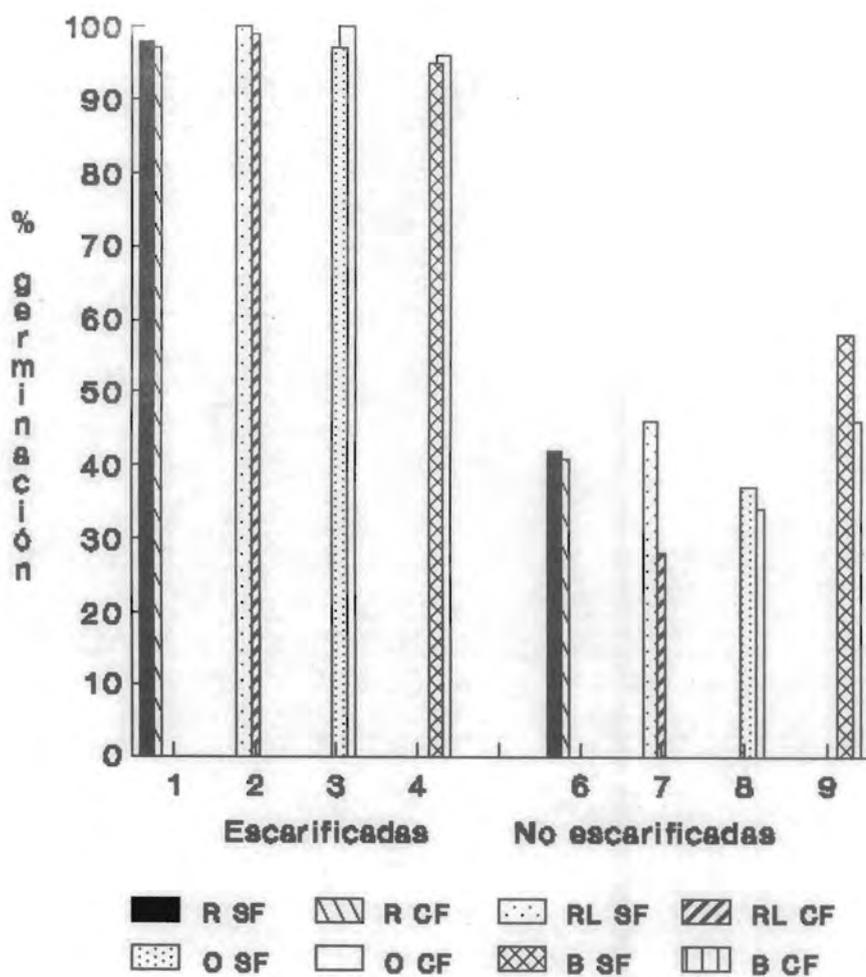


Fig. 22. Germinación en cuatro calidades de luz de semillas de *S. deppel*, con y sin filtro, seis meses después de cosechadas.

Cuadro 22. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la germinación de *S. deppei* bajo el efecto de cuatro calidades de luz (R, RL, B y O) en campo y escarificación.

| F.V.                | S.C.      | G.L. | C.M.      | F        | n.s.   |
|---------------------|-----------|------|-----------|----------|--------|
| Efectos principales | 41714.367 | 5    | 8342.873  | 237.037  | 0.0000 |
| LF.                 | 32.159    | 1    | 32.159    | .915     | 0.3525 |
| LG.                 | 336.756   | 3    | 112.252   | 3.189    | 0.0292 |
| Esc.                | 41345.416 | 1    | 41345.416 | 1000.000 | 0.0000 |
| Interac. de fact.   | 1493.775  | 7    | 213.396   | 6.063    | 0.0000 |
| LG.-LF.             | 261.699   | 3    | 87.233    | 2.478    | 0.0687 |
| LF.-Esc.            | 305.644   | 1    | 305.644   | 8.684    | 0.0044 |
| LG.-Esc.            | 926.431   | 3    | 308.810   | 8.774    | 0.0001 |
| Error               | 2358.169  | 67   | 35.196    |          |        |
| Total               | 45566.312 | 79   |           |          |        |

CV = 10.

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| CF.                                     | 40      | 61.501   | *                 |
| SF.                                     | 40      | 62.770   | *                 |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| O.                                      | 20      | 58.631   | *                 |
| RL.                                     | 20      | 62.923   | *                 |
| R.                                      | 20      | 63.144   | *                 |
| B.                                      | 20      | 63.843   | *                 |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| Esc.                                    | 40      | 84.869   | *                 |
| No Esc.                                 | 40      | 39.402   | *                 |

6.3.5. GERMINACION Y COLOR DE LAS SEMILLAS. Los resultados de la prueba de germinación que se realizó con semillas negras (6F<sub>3</sub>) y cafés (6E<sub>5</sub>) desarrolladas bajo luz natural y con 6 meses de almacenamiento después de su cosecha, determinaron un mayor porcentaje de germinación en las semillas negras escarificadas (98.4%), que en las escarificadas de color café (86.4%). En las semillas negras no escarificadas, el porcentaje de germinación del 34.4%, fue significativamente diferente al obtenido en las semillas cafés que alcanzaron un 15.2% (Cuadros 23 y 24).

Cuadro 23. Germinación de semillas de *S. deppei* maduras deshidratadas negras y cafés desarrolladas con luz natural, 7 meses después de cosechadas.

| REPETICIONES | % de germinación de semillas en la oscuridad a 25 <sup>o</sup> C |         |                |         |
|--------------|------------------------------------------------------------------|---------|----------------|---------|
|              | Semillas Negras                                                  |         | Semillas Cafés |         |
|              | ESC.                                                             | NO ESC. | ESC.           | NO ESC. |
| 1            | 100                                                              | 40      | 88             | 12      |
| 2            | 100                                                              | 32      | 84             | 12      |
| 3            | 100                                                              | 36      | 88             | 12      |
| 4            | 96                                                               | 36      | 88             | 20      |
| 5            | 96                                                               | 28      | 84             | 20      |
| $\bar{X}$    | 98.4                                                             | 34.4    | 86.4           | 15.2    |

Cuadro 24. Análisis de varianza y análisis de rango múltiple para la prueba de germinación en oscuridad a 25°C, de semillas maduras deshidratadas de *S. deppei* de colores negro y café, desarrolladas en condiciones de campo bajo luz natural.

| F.V.                    | S.C.      | G.L. | C.M.      | F       | N.S.  |
|-------------------------|-----------|------|-----------|---------|-------|
| Efectos principales     | 12445.356 | 2    | 6222.678  | 395.655 | 0.000 |
| Color                   | 1128.453  | 1    | 1128.453  | 71.750  | 0.000 |
| Esc.                    | 11316.903 | 1    | 11316.903 | 719.561 | 0.000 |
| Interacción de factores | 19.110    | 1    | 19.110    | 1.215   | 0.286 |
| Color                   | 19.110    | 1    | 19.110    | 1.215   | 0.286 |
| Error                   | 251.640   | 16   | 15.727    |         |       |
| Total                   | 12716.106 | 19   |           |         |       |

CV = 7.9

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Semanas                                 | Conteos | Promedio | Grupos Homogéneos |
| Negras                                  | 10      | 60.619   | *                 |
| Cafés                                   | 10      | 45.596   | *                 |

| Método: intervalos HSD de Tukey al 95%. |         |          |                   |
|-----------------------------------------|---------|----------|-------------------|
| Nivel                                   | Conteos | Promedio | Grupos homogéneos |
| Esc.                                    | 10      | 76.895   | *                 |
| No Esc.                                 | 10      | 29.320   | *                 |

Los resultados anteriores difieren del comportamiento encontrado en *Atriplex repanda* (Johnston et al 1987), en *Chenopodium album* (Harper 1977) y en *Portulaca oleracea* (Egly 1974), donde las semillas color café son menos latentes que las negras.

Según la respuesta de *S. deppei*, se puede inferir que las semillas de color negro que presentaron los mayores porcentajes de germinación en el momento de la prueba, tenían mayor grado de madurez que las de color café, comportándose como semillas con menor grado de latencia.

Gutterman y Evenari (1972) destacan a la etapa de maduración de las semillas y en especial a los últimos 8 días que preceden a la completa maduración, como un periodo crítico para que las semillas de *Ononis sicula* adquieran su color de acuerdo a la longitud del día a la que esten expuestas. Para esta especie, las semillas con cubierta seminal café fueron mucho más permeables al agua que las semillas amarillas, característica que concuerda con los resultados de *S. deppei*, donde las semillas más oscuras (negras) fueron las más permeables respecto a las más claras (café).

En el Cuadro 25, se presenta en forma comparada un resumen de los resultados, tanto de los aspectos morfológicos como fisiológicos del comportamiento de las semillas de *S. deppei*, provenientes de los dos tratamientos lumínicos aplicados en condiciones de campo.

Cuadro 25. Comparación general de los resultados tanto de las evaluaciones morfológicas como fisiológicas de las semillas maduras deshidratadas de *S. deppei*.

| Parámetro                         | Condición de desarrollo en campo  |                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|                                   | Luz blanca<br>(sin filtro)        | Luz roja lejana<br>(con filtro)     |
| Tamaño                            | Son más grandes<br>(6.30 mm)      | Son más chicas<br>(5.96 mm)         |
| Peso                              | Mayor<br>(0.026 g)                | Menor<br>(0.024 g)                  |
| Color                             | Más oscuras<br>(6F <sub>3</sub> ) | Menos oscuras<br>(6E <sub>5</sub> ) |
| Germinación<br>en luz roja        | Mayor<br>(54.4%)*                 | Menor<br>(46.4%)*                   |
| Germinación en<br>luz roja lejana | Menor<br>(51.2%)                  | Mayor<br>(84%)                      |
| Germinación<br>en oscuridad       | Menor<br>(80%)*                   | Mayor<br>(84%)*                     |
| Viabilidad                        | Alta<br>(97.5%)                   | Alta<br>(96%)                       |
| Vigor                             | Mayor<br>(3.60)                   | Menor<br>(2.36)                     |
| Humedad                           | Mayor<br>(20.60%)                 | Menor<br>(17.12%)                   |

\* La diferencia no fue significativa.

#### 6.4. ESTRUCTURA E HISTOQUIMICA.

6.4.1. MICROSCOPIA OPTICA. Se observó la estructura celular en cortes teñidos con la técnica doble safranina-verde rápido. No se encontraron diferencias en la estructura del pericarpio, cubierta seminal y cotiledones al comparar tanto semillas maduras hidratadas (Fig. 23) como deshidratadas (Fig. 24), desarrolladas con luz natural y luz filtrada roja lejana. Ambas presentaron un patrón similar al descrito por Alcazar (1990) para semillas maduras en las etapas VII (hidratadas) y VIII (deshidratadas).

Las pruebas histoquímicas en semillas maduras hidratadas (Fig. 25), desarrolladas con luz natural y teñidas con azul negro de naftol, dan reacción positiva para los cuerpos protéicos en el embrión y el pericarpio. Con contraste de fases, esta reacción se hace más aparente en la periferia de los estratos celulares más externos de los cotiledones. Se observa una fuerte reacción en paredes de esclerénquima, localizándose la reacción en la región adyacente a la hipodermis y en lumen de las células. La reacción es similar en las semillas maduras deshidratadas (Fig. 24), aclarándose que es menos notoria en el pericarpio debido a que este se encuentra reducido a restos de paredes celulares. Las células del parénquima del pericarpio, tienen cuerpos protéicos, los que con contraste de fases se ven similares a los del embrión.

Las semillas maduras hidratadas y deshidratadas desarrolladas bajo los dos tratamientos de luz, dan reacción positiva para polisacáridos insolubles con la prueba APS (ácido peryódico reactivo de Schiff). En ambas etapas esta reacción es muy evidente en esclereidas (Fig. 26), cotiledones (Fig. 27) y sólo en semillas hidratadas se pudo observar en pericarpio.

La aplicación de la técnica doble APS-Azul Negro de Naftol, permitió distinguir claramente en cotiledones, la presencia de

cuerpos protéicos. A su vez, fueron evidentes las paredes del esclerénquima de la exotesta y del pericarpio, con APS; con esta tinción se logró observar también granos de almidón en las dos últimas estructuras.

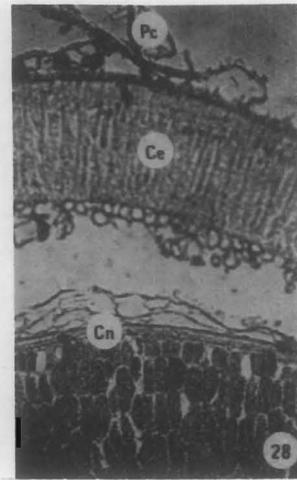
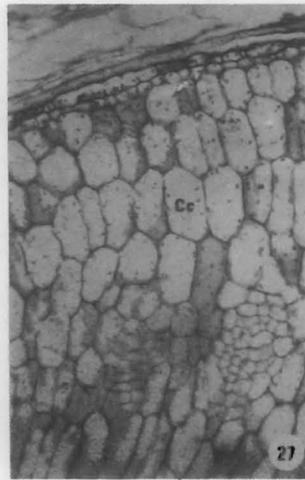
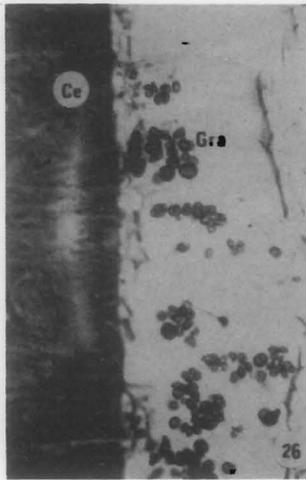
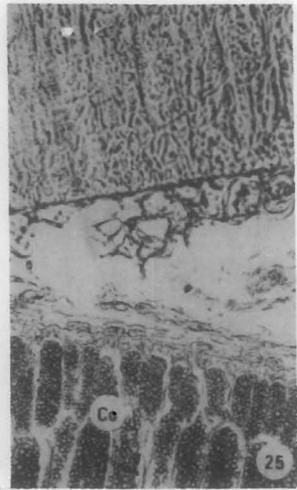
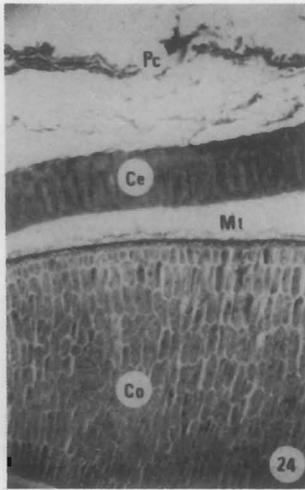
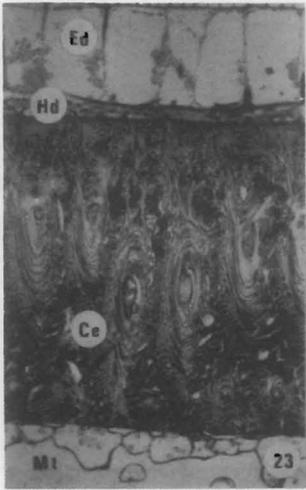
En semillas maduras hidratadas y deshidratadas desarrolladas en condiciones de luz filtrada, no se presentaron diferencias en lo observado en cuerpos protéicos y esclereidas, con relación a las desarrolladas con luz natural.

Las semillas maduras hidratadas y deshidratadas de *S. deppei* procedentes de los dos tratamientos lumínicos, dan reacción positiva para la cutícula nucelar y para el esclerénquima de la cubierta (rojo o de aceite) (Fig. 28). Esta prueba también fue positiva para la región externa del pericarpio en semillas hidratadas.

En semillas maduras hidratadas, la prueba de lugol, complementada con la técnica de APS, dió reacción positiva para la epidermis de cubierta seminal (Fig. 26) y para pericarpio, observándose mayor cantidad de amiloplastos en semillas maduras con luz natural que en las que se aplicó el tratamiento de filtro durante su desarrollo en el campo. En los cotiledones los granos de almidón se localizan en mayor concentración (diez a quince por célula) en los cinco estratos adyacentes a la epidermis. Igualmente se observa mayor cantidad de cloroplastos en las semillas maduras hidratadas desarrolladas sin filtro.

Las semillas maduras deshidratadas no presentaron almidón en el pericarpio, el cual se observó reducido a paredes celulares. Los cotiledones de las semillas maduras y deshidratadas bajo los dos tratamientos de luz mostraron una reacción positiva a la prueba de lugol; sin embargo, la cantidad de granos de almidón fue mayor en las semillas desarrolladas bajo luz natural, que en aquellas que lo hicieron con luz filtrada.

- Fig. 23. Corte longitudinal de cubierta seminal en semilla madura hidratada. Tinción con azul de toluidina. Ce = Capa esclerenquimática, Co = Cotiledón, Ed = Epidermis, Hd = Hipodermis, Mt = Mesotesta. 100X.
- Fig. 24. Corte longitudinal de semilla madura deshidratada. Tinción con safranina verde rápido. Ce = Capa esclerenquimática, Co = Cotiledón, Mt = Mesotesta Pc = Pericarpio. 25X.
- Fig. 25. Corte longitudinal en semilla madura. Cuerpos protéicos en células de cotiledón maduro. Tinción azul negro de naftol. Co = Cotiledón. 100X.
- Fig. 26. Corte longitudinal de testa. Tinción con APS. Ce = Capa esclerenquimática, Gra = Gránulos de almidón en células epidérmicas. 160X.
- Fig. 27. Corte longitudinal de semilla madura mostrando células cotiledonarias. Tinción con APS. Cc = Células cotiledonarias. 100X.
- Fig. 28. Corte longitudinal de semilla madura deshidratada. Tinción con rojo o de aceite. Ce = Capa esclerenquimática, Cn = Cutícula nucelar. 100X.



6.4.2. MICROSCOPIA ELECTRONICA. Por medio de microscopía electrónica de transmisión se observó que las semillas maduras hidratadas desarrolladas bajo el efecto de luz natural y luz filtrada presentaron cuerpos protéicos y gran densidad de cuerpos lipídicos (esferosomas), sin diferencia entre ambos tratamientos. Los cuerpos lipídicos presentan una membrana formada por una sola monocapa (media unidad de membrana).

En las semillas maduras deshidratadas desarrolladas en luz natural y filtrada se observó, a nivel de los cotiledones, menor cantidad de lípidos y mayor concentración de cuerpos protéicos respecto a las semillas maduras hidratadas.

Al comparar semillas maduras hidratadas con semillas maduras deshidratadas desarrolladas bajo luz natural y luz filtrada (rojo lejano), se observan diferencias en la composición, en cuanto al tratamiento lumínico aplicado en campo. Las semillas desarrolladas en luz natural muestran una mayor cantidad de almidón a nivel de pericarpio (Fig. 29) y de los cotiledones, que en las desarrolladas bajo filtro; estas últimas presentan una menor cantidad de almidón, lo que se relaciona con plastos pequeños y desorganizados (Fig. 30). En cuanto a la cubierta seminal, también se encontraron abundantes granos de almidón a nivel de epidermis de exotesta y en mesotesta, en semillas hidratadas desarrolladas en luz natural, los cuales fueron escasos en las desarrolladas con filtro.

En el pericarpio se observó una alta proporción de granos de almidón y cloroplastos grandes, organizados en grana en las células de parénquima vecinas a las esclereidas y en aquellas cercanas a los haces vasculares, en semillas hidratadas desarrolladas en luz natural (Figs. 31 y 33); estos resultados contrastan con los obtenidos en semillas desarrolladas con filtro donde los cloroplastos son pequeños, electrodensos y sus tilacoides presentan poca diferenciación, sin una organización en grana (Figs. 32 y 34).

Fig. 29. Acumulación de almidón en pericarpio de semillas maduras hidratadas desarrolladas en campo con luz natural (S/F). Am = Amiloplasto. MET. 14400X.

Fig. 30. a) Plasto pequeño en semilla madura hidratada desarrollada en campo bajo luz filtrada (C/F). Sólo se observan dos cloroplastos pequeños (Cl). Cl = Cloroplasto. MET. 2500X.

b) Detalle de la figura anterior que muestra el cloroplasto (Cl) con los grana (Gr) desorganizados. Gr = Grana. MET. 20000X.

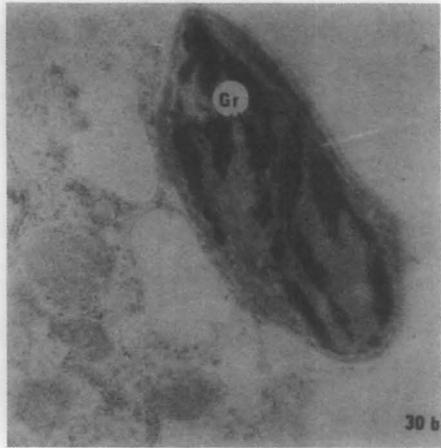
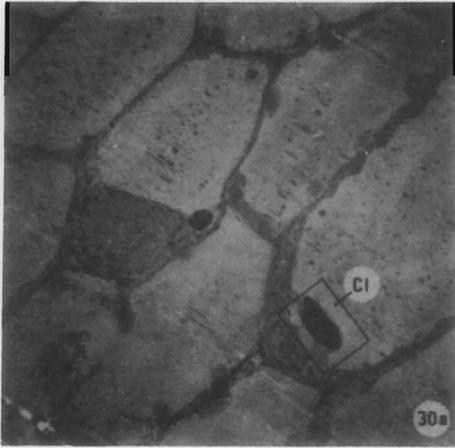
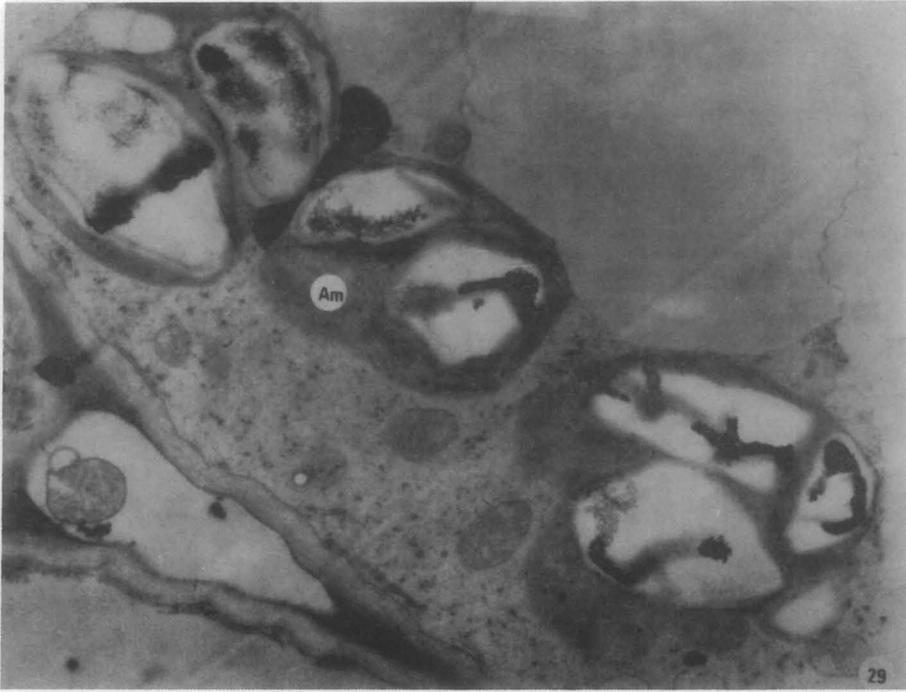


Fig. 31. Cloroplasto en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada bajo luz natural (S/F). Es = Estroma. Gr = Grana . MET. 36000X.

Fig. 32. Cloroplasto en pericarpio de semilla madura hidratada desarrollada bajo luz filtrada (C/F). Es = Estroma, Ti = Tilacoides. MET. 36000X.

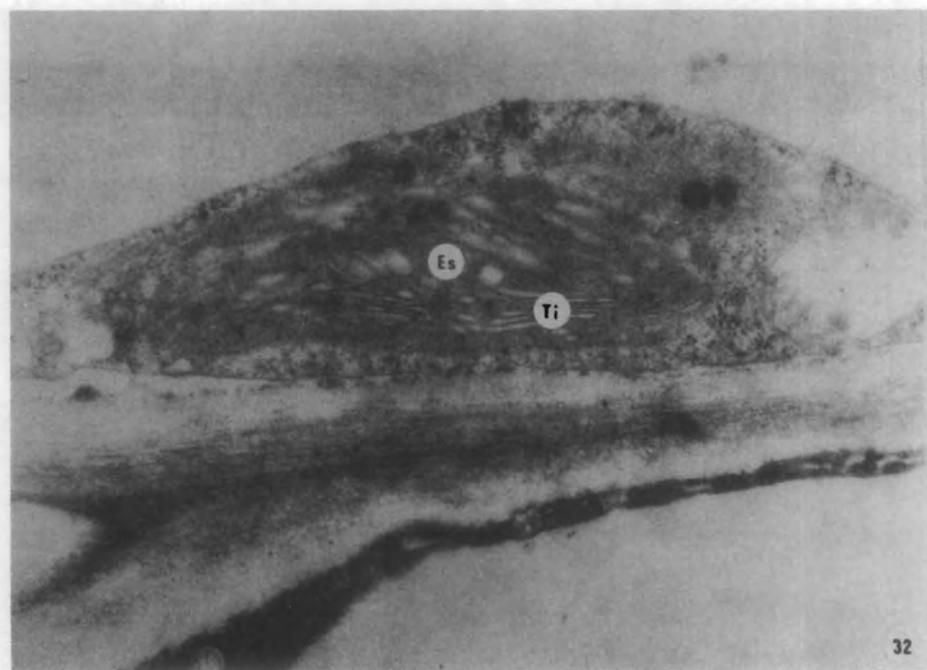
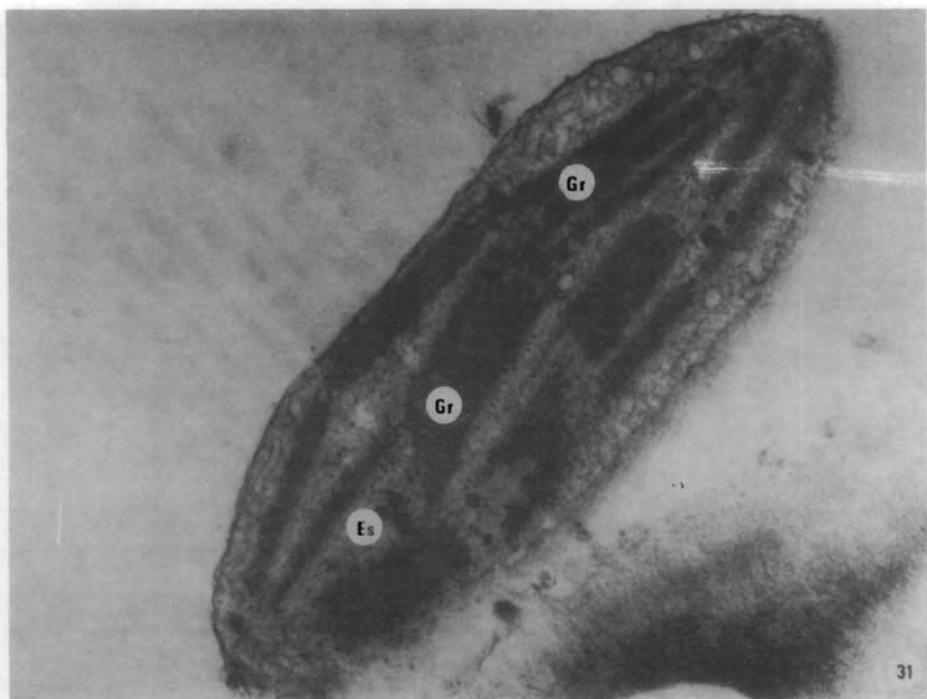
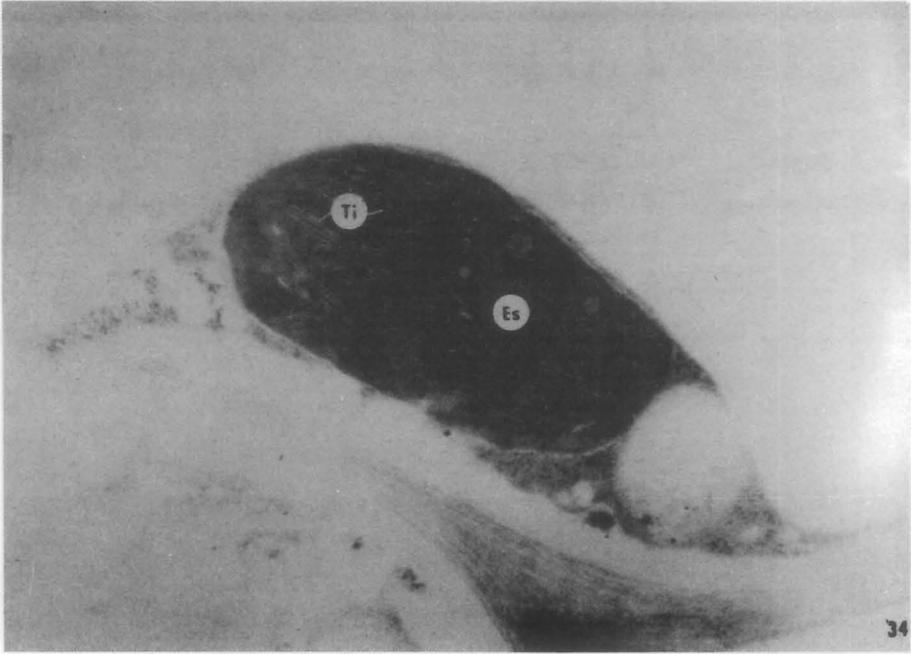
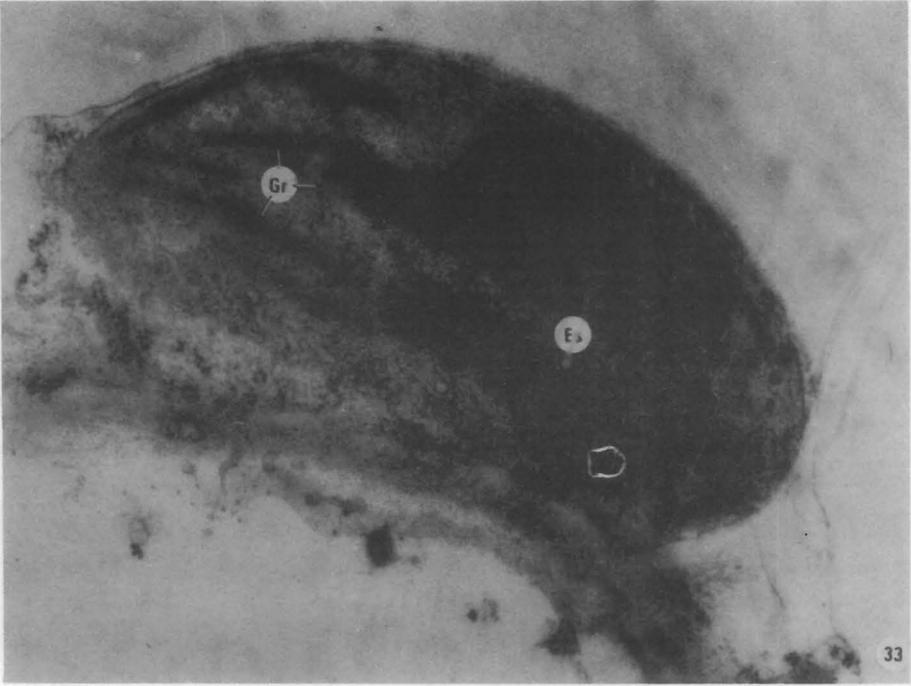


Fig. 33. Cloroplasto grande organizado en grana en pericarpio de semilla madura hidratada, desarrollada bajo luz natural (S/F). Es = Estroma, Gr = Grana. MET. 36000X.

Fig. 34. Cloroplasto pequeño, poco diferenciado y electrondenso en pericarpio de la semilla madura hidratada, desarrollada con luz filtrada (C/F). Es = Estroma, Ti = Tilacoide. MET. 36000X.



Los resultados del presente trabajo reflejan un comportamiento semejante al observado en otros tejidos fotosintéticos, como en hoja de *Spinacia oleracea* (Deng et al, 1989; Cui et al 1991), hojas de plántulas de *Pisum sativum* (Glick et al 1985), hojas de *Prunus persica* (Nii y Kuroiwa 1988) y hojas de *Glycine max* (Eskins y Duysen 1984). En ellos se han detectado cambios drásticos en la estructura del cloroplasto, relacionados con la organización de las membranas tilacoidales, que pierden su apilamiento al someterlas a diferentes tratamientos donde, por una parte se ha reducido el flujo fotónico y por otra, la calidad de luz incidente ha sido enriquecida con longitudes de onda del rojo lejano.

En *S. deppei* se determinó a través del peso y tamaño una clara diferencia en la actividad fotosintética de las semillas desarrolladas con y sin filtro, presentando estas últimas un mayor peso seco y tamaño, debido a que tales semillas contaban con una cantidad más alta de clorofila, mayor flujo fotónico y diferente calidad de luz. Tales resultados concuerdan con una mayor cantidad de clorofila encontrada en las semillas sin filtro.

La incidencia de luz solar sobre las infrutescencias, promovió un amplio desarrollo del tejido fotosintético del pericarpio, que dió como resultado una biosíntesis activa de clorofila y una organización de sus membranas tilacoidales en grana. La eficiencia fotosintética se vió reflejada en una mayor acumulación de gránulos de almidón, que a nivel de fruto y en particular de semilla, redundó probablemente en un incremento significativo del tamaño y del peso seco.

En cambio la luz filtrada, con un flujo reducido y enriquecida con longitud de onda roja lejana, afectó la estructura y la fisiología de los cloroplastos, en los que se observó un tamaño más pequeño, una pobre organización de sus

tilacoides en grana y como consecuencia de ello, una menor acumulación de granos de almidón. Estas alteraciones probablemente repercutieron en una disminución en el peso y tamaño de las semillas.

Se ha reportado que las plantas desarrolladas bajo altas intensidades de luz presentan diferencias morfológicas con relación a aquellas que lo hicieron a bajas intensidades. Las intensidades altas causan un gran desarrollo de los tejidos del mesófilo, produciendo hojas de mayor grosor.

6.4.3. DISCUSION GENERAL. *S. deppei* forma semillas cuyas características morfológicas presentan variaciones y su respuesta de germinación es heterogénea dentro de una misma población (heteroblastismo) (Silvertown 1984).

Tal diversidad en estructura y respuesta, puede estar determinada no solamente por el genotipo del individuo y por el ambiente que lo rodea, sino también por la influencia que el medio ejerció sobre las semillas durante su desarrollo y maduración, cuando todavía se encontraban unidas a la planta (efecto materno).

El pericarpio de los frutos de *S. deppei*, es un tejido fotosintético, que como tal tiene la capacidad de filtrar la luz, reteniendo longitudes de onda en la región del rojo y permitiendo el paso de aquellas correspondientes al rojo lejano.

En *S. deppei*, la variación del tamaño y color de las semillas, que se puede reconocer a simple vista entre los individuos formados por una misma planta, refleja una versatilidad que podría estar involucrada en una fisiología diferencial de la germinación.

Dado el hábito trepador de la planta, con infrutescencias a lo largo del tallo, que reciben la luz de acuerdo a un gradiente

promovido por su filtración a través del dosel vegetal, se pretendió hacer una distinción del efecto materno que produce la luz durante el desarrollo y maduración de las semillas en dos modalidades: a) natural o sin filtro y b) roja lejana o con filtro, sobre la germinación de los propágulos dispersos.

El sistema experimental empleado, tuvo la ventaja de que las plantas se desarrollaron y fructificaron en condiciones de campo, con lo que se logró obtener un apego más estrecho de los resultados a las condiciones del ambiente natural.

Además, el efecto materno de la luz se restringió a las infrutescencias, colocando únicamente sobre ellas el filtro en forma de cono, con lo cual se descartó una influencia diferencial del resto de la estructura vegetativa de la planta.

Al cosechar las semillas de los dos tratamientos y exponerlas a distintos tipos de luz, se pretendía reconocer las condiciones lumínicas favorables para detectar si el efecto materno había ejercido una influencia selectiva en las semillas de acuerdo a la luz que habían recibido en su formación sobre la planta.

El estudio detallado que se llevó a cabo en las semillas de *S. deppei* desarrolladas con y sin filtro, puso en evidencia dos grandes categorías. En la primera se presentó una predominancia de semillas negras, provenientes de una exposición a luz natural (sin filtro) y la segunda estuvo representada por una mayor proporción de semillas cafés, que se formaron bajo luz filtrada (rojo lejano).

En ambas se presentaron altos porcentajes de viabilidad, pero las semillas negras se distinguieron por un mayor peso, tamaño, contenido de humedad, cantidad de clorofila y vigor.

En el presente estudio se corroboró la presencia de cubierta seminal impermeable (Brechú et al 1992), que la define como semilla dura por los altos porcentajes de germinación registrados en semillas escarificadas (del 50% al 80% aproximadamente), en contraste a los bajos porcentajes en semillas no escarificadas (menores al 10%)

A pesar de estos registros de germinación mínima en semillas no escarificadas, se observó que los tratamientos de oscuridad y luz roja lejana, favorecieron porcentajes mayores que la luz roja.

Su condición de semillas recién cosechadas con testa dura, hizo necesario eliminar esta barrera por medio de la escarificación y sólo entonces se logró determinar la influencia de la luz.

Se observó que casi la mitad de la población de semillas recién cosechadas y escarificadas, tiene la capacidad de germinar en cualquiera de las condiciones de luz a las que se expusieron, por lo cual se categorizaron como semillas indiferentes. Tal respuesta estuvo sustentada probablemente, en una alta proporción de la forma activa del fitocromo Pfr, acumulada durante el desarrollo de las mismas y cuya concentración debió superar el umbral de fitocromo activo para germinar.

Además de este 50% de la población de semillas recién cosechadas y escarificadas de *S. deppei*, un 20% correspondió a semillas con una latencia endógena no relacionada con la luz, las cuales no respondieron en ninguno de los tratamientos aplicados.

En cambio, en un 30% de las semillas restantes, se detectó que el tipo de luz incidente sobre los frutos en formación de

*S. deppei*, influyó sobre su respuesta de germinación. El efecto se registró sólo en aquellas semillas expuestas para su germinación a rojo lejano (50% sin filtro y 80% con filtro), ya que en las condiciones de oscuridad y de luz roja, el porcentaje de germinación no mostró diferencias de acuerdo a la procedencia de las semillas (alrededor del 80% con y sin filtro en oscuridad y aproximadamente el 50% con y sin filtro en luz roja).

Al conjuntar los datos de la respuesta de germinación de semillas recién cosechadas y escarificadas, se pudo reconocer que el comportamiento de este 30% de las semillas las distinguía como fotoblásticas negativas, en las cuales se propone que debieron existir formas intermediarias del Pr y Pfr, con una tendencia de reversión hacia la forma activa siempre y cuando se expusieran a una influencia fuerte dada por la condición de oscuridad, sin diferencias entre las semillas provenientes de los dos tratamientos. Ello indicaría una mayor sensibilidad de los intermediarios al estímulo de oscuridad, que provocaría su transformación hacia fitocromo activo.

En cambio al estar sometidas para su germinación, a un estímulo menos potente como es la luz roja lejana, sólo aquellos intermediarios que en la secuencia de transformación se encontraban más cercanos al Pfr, fueron lo suficientemente susceptibles de ser estimulados por esta longitud de onda.

Estos intermediarios pudieron estar presentes en las semillas que se habían desarrollado bajo luz filtrada y ser los responsables de la respuesta de altos porcentajes en luz roja lejana.

De esta forma, los mayores porcentajes de germinación se alcanzaron en oscuridad, sin diferencia entre semillas desarrolladas con (84%) y sin filtro (80%), así como también en luz roja lejana, con semillas desarrolladas bajo filtro (84%).

Un problema en la interpretación de los resultados, fue que no se logró establecer si el efecto de la luz lo causaba la calidad espectral de la misma o el flujo fotónico. Es decir, las semillas desarrolladas con filtro recibieron luz enriquecida con longitudes de onda del rojo lejano, pero a su vez recibieron una menor cantidad de luz que las expuestas a luz natural, debido a la retención que sufrió ésta a su paso por el filtro.

Aunado a ello, las condiciones de luz durante la germinación tenían el objeto de ofrecer distintas calidades de luz. Sin embargo, es evidente que los tratamientos desde luz roja hasta oscuridad, también fueron reduciendo el flujo fotónico, pues en el primer caso o luz roja, se utilizó una sola mica de color rojo; para el segundo o luz roja lejana, se emplearon dos micas: una azul y una roja; y para el tercero u oscuridad, se evitó la llegada de luz a las semillas por medio del papel aluminio.

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el experimento, con un fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas oscuridad durante 4 semanas, se podría pensar en una fotoinhibición de la germinación de las semillas fotoblásticas negativas, dependiente de la tasa de flujo así como de la duración de la irradiación. Ello sugiere que la fotoinhibición se debería a una reacción de alta irradiancia (HIR).

De esta manera, las semillas que se formaron en condiciones naturales expuestas a la luz solar, habrían recibido flujos bajos de irradiación en las primeras horas del día; pero a medida que transcurría la mañana, el flujo se iría incrementando y con él también el efecto inhibitorio de la reacción de alta irradiancia comenzó a ser dominante.

El efecto inhibitorio que hubiera provocado la reacción de alta irradiancia, lo podría contrarrestar la semilla a través de

estrategias que le permitieran una protección ante tal influencia, como por ejemplo la barrera natural dada por los tejidos fotosintéticos del fruto que tienen la propiedad de filtrar la luz.

Una mayor cantidad de clorofila presente en los frutos expuestos a la luz natural, se interpreta como el resultado de la estimulación por parte de la luz hacia la vía biosintética del pigmento.

La clorofila se sintetiza como parte del proceso de diferenciación de los cloroplastos en los que se lleva a cabo una biogénesis de las membranas tilacoidales a partir de las vesículas del estroma del proplasto, o de invaginaciones de la membrana interna de su cubierta (Barcelo Coll et. al 1990). En una etapa posterior, si las condiciones de iluminación son propicias, las membranas tilacoidales se superponen unas con otras dando lugar a la formación de grana como se apreció en los cloroplastos de los frutos de *S. deppei* expuestos a la luz natural. En cambio, si la iluminación es deficiente, la diferenciación se caracteriza porque los tilacoides aislados no se organizan en grana.

El hallazgo de una menor cantidad de clorofila en los frutos de *S. deppei* que se formaron bajo filtro de luz, se justifica porque la luz que recibieron tenía una composición diferente en cuanto a longitud de onda (roja lejana) y al flujo (menor cantidad), que redujeron la influencia sobre la estimulación de la biosíntesis de la clorofila. Esta disminución en la luz también afectó la diferenciación de los cloroplastos, ya que las vesículas que forman tilacoides aislados no se apilaron dando como resultado cloroplastos sin grana.

Así, el efecto que ejerció la luz sobre la modificación de estructuras fotosintéticas, podría verse reflejado en las funciones de los frutos de *S. deppei*: aquellos compuestos por

cloroplastos con grana y alta concentración de clorofila, realizarían más eficientemente la fotosíntesis, que redundaría en una mayor acumulación de nutrientes en forma de granos de almidón. Ello aportaría reservas a la semilla que contiene el fruto la cual tendría la posibilidad de ser más vigorosa en su germinación.

La tasa con que se movilizan los productos de la fotosíntesis, puede ser un mecanismo de control interno de este proceso y su rendimiento. De esta forma, si la tasa fotosintética es más elevada en los frutos de *S. deppei* expuestos a luz natural que en los que reciben luz filtrada por el dosel vegetal, entonces los primeros deberán tener también una tasa elevada de transporte de sus productos para poder mantener valores altos de fijación de CO<sub>2</sub>.

Así, los hidratos de carbono después de acumularse en forma de granos de almidón y alcanzar una concentración máxima en los tejidos fotosintéticos, serían exportados a la semilla en desarrollo que los pasaría a incorporar a su estructura. Ello contribuiría a tener propágulos con mayor peso y tamaño derivados de frutos con altas tasas fotosintéticas, como se observó en *S. deppei*.

Se ha señalado (Barcelo Coll et al 1990) que a medida que aumenta la intensidad luminosa, aumenta también el valor de la tasa fotosintética en forma logarítmica, hasta que se alcanza el nivel de saturación.

Sin embargo, cuando la luz es muy intensa, la fotosíntesis puede ser inhibida por fotooxidación del aparato fotosintético entre otras alteraciones, debido a que la excitación excesiva de moléculas de clorofila ya no puede ceder electrones a la cadena transportadora que está saturada, y como consecuencia se inactivan algunas enzimas importantes.

La clorofila activada al absorber la luz puede combinarse con oxígeno, formando un complejo que puede desembocar en la fotooxidación de la clorofila. Gracias a la presencia de ciertas proteínas y sobre todo de los carotenoides, la clorofila en las plantas goza de una protección contra la inactivación causada por la luz muy intensa, ya que el complejo clorofila-oxígeno puede ser desactivado por la oxidación del carotenoide a la forma epóxido y luego en la oscuridad se regeneraría de nuevo el carotenoide.

Así, los frutos fotosintéticos de *S. deppei* expuestos a la luz natural presentarían una estrategia de protección contra luz muy intensa, diferente a los frutos que reciben luz filtrada, misma que se basa en cambios estructurales en su composición dada por una mayor cantidad de pigmentos (clorofilas y carotenoides) susceptibles de ser oxidados, lo cual daría una apariencia diferente a los frutos en cuanto a color.

Considerando estos aspectos, cabe resaltar que los tejidos constitutivos del fruto de *S. deppei*, no tienen la característica de ser impermeables, la cual es impuesta por la testa dura de la semilla. Sin embargo, el color del fruto podría estar señalando un estado de maduración y un grado de impermeabilidad de la semilla que contiene, el cual sería indicativo de su capacidad de germinación: las semillas negras serían las de mayor nivel de maduración y menor impermeabilidad en la población.

Después de 6 meses de su cosecha, las semillas almacenadas en laboratorio presentaron una pérdida de la latencia impuesta por cubierta seminal dura, que se reflejó en un rango del 28% al 46% de germinación en semillas no escarificadas, superior al 10% registrado en semillas recién cosechadas.

Los tratamientos de luz durante la germinación de las semillas no escarificada, revelaron una influencia diferencial del ambiente lumínico en que se habían desarrollado las semillas: aquellas formadas bajo luz natural, no presentaron diferencias en sus porcentajes de germinación (con un promedio del 45% en las 4 condiciones lumínicas), lo cual las designa como semillas indiferentes; en cambio las que lo hicieron bajo luz filtrada, se comportaron como fotoblásticas positivas a las que les afectaron los ambientes de oscuridad con 34% de germinación y de luz roja lejana con 28%, en relación a los de luz roja y luz blanca, donde se obtuvieron 41% y 46% de germinación respectivamente.

Los resultados con semillas no escarificadas mostraron que sigue persistiendo una alta proporción de semillas indiferentes a la luz; pero dependiendo de las condiciones en que se desarrollaron, las poblaciones pueden tener una cierta proporción de semillas sensibles a la luz.

Sin embargo, cuando se eliminó la impermeabilidad de la cubierta seminal por medio de la escarificación, se apreció que la luz había dejado de ser un factor determinante para la germinación de las semillas y que el efecto materno producido por el desarrollo en luz natural y luz filtrada, se había perdido.

Los altos porcentajes de germinación que se alcanzaron con semillas escarificadas (cerca al 100%), dieron cuenta de una pérdida de latencia endógena.

Bradbeer (1988) señala que la ruptura de la latencia puede ser el resultado de la exposición de las semillas a un factor individual o a la influencia simultánea de varios factores, con una cierta intensidad y durante un periodo apropiado.

Se ha reportado que una alta proporción de especies pueden liberar su latencia cuando experimentan temperaturas

relativamente bajas, entre 1 y 10°C, en condiciones hidratadas, proceso que se ha denominado estratificación.

La prueba de estratificación con semillas recién cosechadas, permitió observar que al menos en el lapso de 15 semanas después de su cosecha (= 3 meses y 3 semanas de edad) las semillas sujetas a la temperatura baja de 4°C, incrementaron más rápidamente su capacidad para germinar que las expuestas a temperatura ambiente, alcanzando porcentajes de germinación máximos del 50%, que correspondieron con los valores mayores logrados por semillas no escarificadas a los 6 meses de edad.

Ello significa que la estratificación promovió la ruptura de la latencia de las semillas en un lapso más corto que en las que quedaron sujetas a temperatura ambiente.

Por su parte, con semillas escarificadas el efecto de estratificación quedó nulificado, pues no se presentaron diferencias respecto a la condición de temperatura ambiente. En este caso se reafirmó la pérdida de la latencia endógena a través del tiempo, lo que incrementó los porcentajes de germinación desde el 80% aproximadamente al 100%.

El éxito con que se logran establecer las plántulas de *S. deppei* en sitios perturbados como los terrenos agrícolas, se basa en gran medida en las características estructurales y fisiológicas de sus semillas, cuya variación en rasgos y cualidades, puede estar bajo el control no sólo genético, sino también del ambiente que prevalece e influye sobre las semillas antes de su dispersión.

El presente trabajo, al igual que otros relacionados con la identificación de las causas de los efectos maternos en *S. deppei*, contribuyen al conocimiento de las estrategias ecológicas de supervivencia de esta especie.

1. Se encontraron diferencias en las características generales de las semillas recién cosechadas, desarrolladas con y sin filtro en las casas de sombra: las semillas formadas bajo luz natural o sin filtro, tuvieron predominantemente un color negro y presentaron un mayor tamaño, peso, color, contenido de humedad, contenido de clorofila y vigor; que las desarrolladas bajo luz filtrada, donde imperó el color café entre la mayoría de las unidades.

2. La viabilidad de las semillas procedentes de los dos tratamientos de luz en campo, mostró altos porcentajes sin diferencias entre ellos.

3. La cantidad de clorofila se incrementó al máximo a las 3 semanas de antesis, y aunque sufrió un leve descenso a partir de la 5ª semana cuando las semillas tenían un color amarillo y se encontraban en proceso de deshidratación, se conservó un porcentaje alto del pigmento.

4. Se confirmó una latencia impuesta por la cubierta seminal dura, debido a los altos porcentajes de germinación en semillas escarificadas que contrastaron con porcentajes bajos en semillas no escarificadas.

5. La calidad de luz en que se desarrollaron las semillas, así como la luz de germinación, no influyeron en la ruptura de la latencia impuesta por la cubierta seminal dura.

6. El efecto de la calidad de la luz en campo sobre las semillas recién cosechadas, se detectó sólo en las que germinaron bajo luz roja lejana, obteniendo porcentajes más elevados para las desarrolladas bajo luz filtrada.

7. Según su respuesta a la luz, se consideraron 3

categorías en la población de semillas recién cosechadas y escarificadas:

a) El 50% fueron semillas fotoblásticas indiferentes, las cuales germinaron en los tres tratamientos de luz en el laboratorio sin importar su procedencia.

b) El 30% fueron semillas fotoblásticas negativas, que vieron favorecida su germinación en oscuridad sin diferencia por su procedencia, y en luz roja lejana de aquellas desarrolladas con filtro en condiciones de campo.

c) El 20% fueron semillas con latencia endógena no relacionada con la luz, que no germinaron en ninguno de los tratamientos aplicados.

8. Después de seis meses de su cosecha, se registró una pérdida de la latencia por cubierta seminal dura en semillas no escarificadas, con un rango de 28% a 46% de germinación, y una pérdida de la latencia endógena en semillas escarificadas, con un rango de 95% a 100% de germinación.

9. La mayor parte de la población de semillas escarificadas y no escarificadas, con seis meses de haber sido cosechadas, se comportaron como fotoblásticas indiferentes; aunque una pequeña proporción de semillas desarrolladas con filtro, mostró un requerimiento de luz para germinar.

10. La estratificación a 4°C de semillas recién cosechadas, incrementó la capacidad de germinación en un lapso más corto que en las expuestas a temperatura ambiente.

11. A nivel ultraestructural, se apreció en pericarpio y en epidermis de exotesta de semillas maduras hidratadas, mayor cantidad de granos de almidón y de cloroplastos grandes, con tilacoides en grana en aquellas desarrolladas bajo luz natural. Por el contrario, en semillas formadas bajo filtro, se encontró menor cantidad de granos de almidón y cloroplastos pequeños, electrodensos y sin organización de sus tilacoides en grana.

- AGUNDIS, M. O. 1984. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el combate de la maleza. S. A. R. H. Especial N<sup>o</sup> 115. México. 19p.
- ALCAZAR, M. A. 1990. Desarrollo e histoquímica de la semilla *Sicyos deppei* G. Don. (Cucurbitaceae) maleza de cultivos de maíz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- ALEXANDER, H. M; WULFF, R. 1985. Experimental ecological genetics in *Plantago*. X. The effects of maternal temperature on seed and seedling characters in *P. lanceolata*. J. Ecol. 73(1):271-82.
- AMEN, R. D. 1968. A model of seed dormancy. Bot. Rev. 34: 1-31.
- ANAYA, R. S. y ZEPEDA, A, S. 1981. Entomofauna Asociada a chayotillo *Sicyos deppei* G. Don (Cucurbitaceae) en Texcoco, México. Resumen del XXIV Congreso Nacional de Entomología. Oaxtepec, Mor.
- ANDERSON, J. M. 1986. Photoregulation of the composition, function and structure of thylakoid membranes. Ann. Rev. Plant Physiol. 37:93-136.
- APHALO, P. J, GIBSON, D. y Di BENEDETTO, A. H. 1991. Responses of growth, photosynthesis, and leaf conductance to white light irradiance and end-of-day red and far red pulses in *Fuchsia magellanica*. Lam. Newphytol. 117:461-471.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYTS. 1981. Rules for Testing Seed Journal of Seed Technology 6: 1-126.
- ATTRIDGE, T. H. 1990. Light and plant responses: A study of plant photophysiology and the natural environment. Edward Arnold, London. 148p.
- BAKER, H. G. 1974. The evolution of weeds. Ann. Rev. of Ecol. and Syst. 5: 1-24.
- BARCELO COLL, J; NICOLAS. R. G; SABATER. G. B. y SANCHEZ. T. M. 1990. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. Madrid, pp 606-633.
- BARRADAS, V. L. 1988. Diseño, construcción y evaluación de un psicrómetro ventilado digital. Memorias del congreso Interamericano de Meteorología, México, D. F, pp. 151-153.

- BARRADAS, V. L. 1989. Determinación de la razón de Bowen en superficies con vegetación natural con un sistema psicrométrico. Geos. Vol. 9(2):2-6.
- BASKIN, J. M y C. C. BASKIN. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. BioScience 35 (8): 492-498.
- BASKIN, J. M. y BASKIN, C. C. 1990. Germination ecophysiology of seeds of the winter annual *Chaerophyllum tainturieri*: a new type of morphophysiological dormancy. Journal of Ecology 78: 993-1004.
- BEWLEY, J. D. y BLACK, M. 1985. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 367p.
- BJÖRKMAN, O. . 1982. Responses to different quantum flux densities. Encyclopedia of Plant Physiology, Vol. 12A. En: LANGE, O. L; P. S, NOBEL y ZIEGLER (eds). Springer-Verlag, Berlín, pp. 55-107.
- BLANKE, M. M y LENZ, F. 1989. Fruit photosynthesis. Plant Cell and Environment 12: 31-46.
- BOARDMAN, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- BOTHA, F. C. y J. G. C, SMALL. 1988. The Germination Response of the Negatively Photoblastic Seeds of *Citrullus lanatus* to light of Different Spectral Compositions. J. Plant. Physiol. Vol 132: 750-753.
- BRADBEER, J. W. 1988. Seed Dormancy and Germination. Blackie and Son Ltd, Glasgow. 146p.
- BRECHU. F, A; OSUNA. F, R. y ZAMBRANO. P, L. 1991. Efecto de las condiciones ambientales en primavera-verano sobre la fructificación y germinación del "chayotillo". Memorias del XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro.
- BRECHU. F, A; CRUZ, F; MARQUEZ. G, J, y LAGUNA. H, G. 1992. Germination of *Sicyos deppei* (Cucurbitaceae) Seeds as Affected by Scarification and light. Weed Science 40: 54-56.
- BUSCHMANN, C; MEIER, D; KLEUDGEN, H. K; y LICHTENTHALER, H. K. 1978. Regulation of chloroplast development by red and blue light. Photochem. Photobiol. 27:195-198.
- CIDECIYAN, M. E; MALLOCH, A. J. C. 1982. Effects of seed size on the germination , growth and competitive ability of *Rumex crispus*

- and *Rumex obtusifolius*. J. Ecol. 70:227-32.
- COME, D. 1970. Les Obstacles a la Germination. Masson et cie editeurs, Paris. 162p.
- COSGROVE, D. J. 1986. Photomodulation of Growth. En: Kendrick, R. E. y Kronenberg, G. H. M. (eds). Photomorphogenesis in plants. Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands, pp. 341-342
- CRESSWELL, E. G. y GRIME, J. P. 1981. Induction of light requirement during seed development and its ecological consequences. Nature 291: 583-585.
- CRONQUIST, A. 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. Allen Press, New York. 555p.
- CRUZ, G. F. 1989. "Germinación y establecimiento de plántulas de "atatana" (*Sicyos deppei*, Cucurbitaceae), maleza del maíz". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias U.N.A.M, México, 53p.
- CUI, M, VOGELMANN, T. C. y SMITH, W. K. 1991. Chlorophyll and light gradients in sun and shade leaves of *Spinacia oleracea*. Plant, cell and environment 14:493-500.
- CURTIS, P. J. 1986. Microtecnia vegetal. Trillas, México, 106p.
- DENG, X. W. et al. 1989. Post-transcriptional control of plastid mRNA acumulation during adaptation of chloroplast to different light quality environments. The Plant Cell. 1: 645-654.
- DOLAN, R. W. 1984. The effect of seed size and maternal source on individual size in a population of *Ludwigia leptocarpa* (Onagraceae). Am. J. Bot. 71:1302-7.
- DORNE, A. J. 1981. Variation in seed germination inhibition of *Chenopodium bonus-henricus* in relation to altitude of plant growth. Can. J. Bot. 59:1893-1901.
- DUKE, S. O. 1985. Weed Physiology. Vol. I. Reproduction and Ecophysiology. CRC. Press, Inc, Boca Raton, Florida. 165p.
- EGLEY, G. H. y PAUL, R. N. 1982. Development, structure and function of subpalisade cell in water impermeable *Sida spinosa* seeds. Am. J. Bot. 69:1402-1406.
- EGLY, G. H. 1974. Dormancy variations in common purslane seeds. Weed Sci. 22: 535-537.
- ESKINS, K. y DUYSSEN, M. 1984. Chloroplast structure in normal

and pigment-deficient soybeans grown in continuous red or far-red light. *Physiol. Plant.* 61:351-356.

EVENARI, M. KOLLER, D. y GUTTERMAN, Y. 1966. Effects of the Environment of the mother plant on Germination by Control of Seed-Coat Impermeability to water in *Ononis sicula* Guss. *Aust. J. Biol. Sci.* 19: 1007-1016.

FISHER, D. B. 1968. Protein staining of ribboned Epon sections for light microscopy. *Histochemie* 16: 92-96.

FRANKLAND, B. 1976. Phytochrome seed germination in relation to the light environment. En: SMITH, H. (ed) *Light and plant development*. Butterworths, London. pp, 477-491.

FRANKLAND, B. 1986. Perception of light quantity. En: KENDRICK, R. E. y KRONENBERG, G. H. M. (eds). 1986. *Photomorphogenesis in plants*. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands, pp. 219-235.

FRANKLAND, B. y TAYLORSON, R. 1983. Light Control of Seed Germination. En: SHROPSHIRE, W. Jr. and MOHR, H. *Photomorphogenesis*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 428-456.

GLICK, R. E., McCAULEY, S. W. y MELIS, A. 1985. Effect of light quality on chloroplast-membrane organization and function in pea. *Planta* 164: 487-494.

GONZALEZ, I. R. 1985. Evaluación de herbicidas para el control del "chayotillo" (*Sicyos ssp.*) y su efecto en componentes de rendimiento en *Triticale* de temporal. *Memorias del VI Congreso Nacional de la Maleza*. Taxco. Gro, pp. 179-193.

GONZALEZ-SANTANDER, R. 1968. *Técnicas de microscopía electrónica en biología*. Aguilar, Madrid. 666p.

GUTTERMAN, Y. 1974. The influence of the photoperiodic regime and red-far-red light treatments of *Portulaca oleracea* L. plants on the germinability of their seeds. *Oecologia (Berl)* 17: 27-38.

GUTTERMAN, Y. 1977. Influence of Environmental Conditions and hormonal treatments of the mother plants during Seed maturation, on the germination of their Seeds. En: *Advances in plant reproductive physiology*. C. P. Malik (eds). Kalyani Publishers, New Delhi, India, pp. 288-294.

- GUTTERMAN, Y. 1978. Germinability of seeds as a function of the maternal environment. *Acta Hortic.* 83: 49-55.
- GUTTERMAN, Y. 1982. Phenotypic maternal effect of photoperiod on seed germination. En: KHAN, A. A. (ed). *The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination.* Pp 67-79. Elsevier Biomedical Press. The Netherlands.
- GUTTERMAN, Y. 1985. Flowering, Seed Development, and the Influences During Seed Maturation on Seed Germination of Annual Weeds, pp. 1-25. En: Duke S. O. *Weed Physiology Vol. I. Reproduction and Ecophysiology.* CRC Press, Inc, Boca Roton, Florida.
- GUTTERMAN, Y. y EVENARI, M. 1972. The influence of day length on seed coat colour, an index of water permeability, of the desert annual *Ononis sicula* Guss. *J. Ecol.* 60:713-719.
- HARDY, I. 1976. Consideraciones generales sobre frutos y semillas de las Cucurbitaceae de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 11: 205-281.
- HARPER, J. L. 1977. *Population Biology of Plants.* Academic Press, London. 892p.
- HARTMANN, K. M. 1966. A general hypothesis to interpret "high energy phenomena" of photomorphogenesis on the basis of phytochrome. *Photchem. Photobiol.* 5:349-366.
- HENDRICKS, S. B; TOOLE, V. K. Y BORTHWICK, H. A. 1968. Opposing actions of the light in seed germination of *Poa pratensis* and *Amaranthus arenicola*. *Plant Phisiol.* 43: 2023-2028.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1985. International rules for seed testing. Rules and Anexes 1985. *Seed Sci. and Technol.* 13: 422-483.
- JENSEN, W. A. 1962. *Botanical Histochemistry: principles and practice.* W. H. Freeman and Co. San Francisco. 408p.
- JOHANSEN, D. A. 1940. *Plant Microtechnique.* McGraw-Hill, Book Company, Inc. New York. 523p.
- JOHNSTON, M; G, FERNANDEZ y A, OLIVARES. 1987. Efecto de la condición fisiológica de la planta de *Atriplex repanda* en las características de sus frutos. *Phyton* 47(1/2): 33-41.

- KARSSSEN, C. M. 1982. Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. Pp. 243-270. En: KHAN A. (ed). The Physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. The Netherlands, pp. 243-270.
- KENDRICK, R. E. y SPRUIT, C. J. P. 1977. Phototransformations of phytochrome. Photochem. Photobiol. 26:201-214.
- KOHASHI-SHIBATA, J; ZEPEDA. A, S y GOMEZ. A, J. R. 1990. Crecimiento, floración y fructificación de la maleza *Sicyos deppei* G. Don "Chayotillo" (Familia Cucurbitaceae). Agrociencia serie Fitociencia 1: 11-26.
- KORNERUP, A y WANSCHER, J. H. 1963. Methuen "Handbook of colour". 3ed. Fletcher and Son Ltd, Nor Wich. KRONENBERG, G. H. M, y KENDRICK, R. E. 1986. Phytochrome: the physiology of action. En: KENDRICH, R.E. y KRONENBERG, G. H. M.(eds). Photomorphogenesis in plants. Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands, pp. 94-114.
- LABOURIAU, L. G. 1983. A. Germinacao, das Sementes. Monografía N<sup>o</sup> 24, serie de Biología, OEA, Whashington, D. C. 174p.
- LUDLOW. W, B. y VAZQUEZ-YANES, C. 1976. Germinación de Semillas de *Piper hispidum* SW. bajo diferentes condiciones de iluminación. En: Gomez-Pompa, A; VAZQUEZ-YANES, C; Del Amo Rodríguez, S. y Butanda, C. A. (eds). Regeneración de Selvas. Cia Editorial Continental, México, pp. 263-278.
- MALIK, N. y VANDEN BORN, W. H. 1987. Germination response of *Galium spurium* L. to light. Weed Research. 27: 251-258.
- MANN, R. K; RIECK, C. E. y WITT, W. W. 1981. Germination and Emergence of Burcucumber (*Sicyos angulatus*). Weed Science 29: 83-86.
- MARBACH I. and MAYER, A. M, 1974. Permeability of seed coats to water as related to drying conditions and metabolism of phenolics. Plant Physiol. 54:817-20.
- MAYER, A. M. y POLJAKOFF-MAYBER, A. 1975. The Germination of Seeds. 2ed. Pergamon Press Ltd, Oxford. 192p.
- MENDEZ. R, I "et al". 1990. El protocolo de Investigación: lineamientos para su elaboración y análisis. 2a ed. Trillas, México. 210p.

- MOLINA, R. C. et al 1991. Determinación de la Entomofauna fitófaga que se asocia estrechamente al chayotillo (*Sicyos deppei* G. Don ) en Chapingo. México Memorias del XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro.
- MORENO, E. 1984. Análisis Fisicoquímico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología, U.N.A.M. México. 383p.
- MOORE, C. THOMAS. 1981. Research experiences in plant physiology. 2ed. Springer-Verlag, New york.
- MURRAY, D. R. 1984. Seed Physiology. Vol. 1. Development . Academic Press, London, pp. 46, 47, 69, 72.
- NII, N. y KUROIWA, T. 1988. Anatomical changes including chloroplast structure in peach leaves under different light conditions. Journal of Horticultural Science 63(1):37-45.
- OROZCO-SEGOVIA, A. 1986. Fisiología ecológica del fotoblastismo en semillas de cuatro especies del género *Piper* L. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 112p.
- OROZCO-SEGOVIA, A. 1989. Fisiología y ecología del fitocromo: su función en las semillas. Bol. Soc. Bot. México 49: 71-84.
- OROZCO-SEGOVIA, A. y VASQUEZ-YANES, C. 1989. Light effect on seed germination in *Piper* L. Acta Oecol; Oecol Plant. 10 :123-143.
- OSUNA, R. 1990. Capacidad de infestación de semillas de *Sicyos deppei* G. Don. (Cucurbitaceae) e *Ipomea purpurea* L. Roth (Convolvulaceae), sometidas a un ambiente húmedo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 92p.
- ROACH, D. A. y WULFF, R. D. 1987. Maternal effects in Plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 209-35.
- RODRIGUEZ, J, C. 1985. Cucurbitaceae. En: RZEDOWSKI, J. y G. C, RZEDOWSKI (eds). Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol II, Dicotyledoneae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN. e Instituto de Ecología, México, pp. 415-422.
- ROLLIN, P. 1970. Phytochrome Photomorphogenese et Photoperiodisme. Masson et Cie, Paris. 136p.
- RUDIGER, W. 1986. The chromophore. En: KENDRICK, R. E. y KRONENBERG, G. H. M. (eds). Photomorphogenesis in plants.

- Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands, 17-33.
- SESTAK, Z; CATSKY, J. y JARVIS, P. 1971. Plant Photosynthetic Production. A Manual of Methods. Dr. W. Junk Publ. La Haya.
- SCHIMPF, D. J. 1977. Seed weight of *Amaranthus retroflexus* in relation to moisture and length of growing season. Ecology 58:450-53.
- SHROPSHIRE, W. Jr. 1973. Photoinduced parental control of seed germination and the spectral quality of solar radiation. Sol. Energy 15: 99-105.
- SILVERTOWN, J. W. 1984. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polymorphism in seeds. Am. Nat. 124: 1-16.
- SINGH, R. P. 1953. Structure and development of seeds of Cucurbitaceae. Phytomorphology 3:224-239. En Hardy 1976.
- SMITH, H. 1982. Light quality photoperception and plant strategy. Ann. Rev. Plant Physiol. 33: 481-518.
- SMITH, H. 1986. The perception of light quality. En: KENDRICK, R. E y KRONENBERG, G. H. M. (eds). Photomorphogenesis in plants. Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands, pp. 187-217.
- SMITH, H. y G. C. WHITELAM. 1990. Phytochrome, a family of photoreceptors with multiple physiological roles. Plant Cell. Environ. 13: 695-707.
- SPRUIT, C. J. P. y A. L. MANCINELLI. 1969. Phytochrome in cucumber seeds. Planta 88: 303-310.
- STRAIN, H. H., B. T., Cope y W. A, SVEC. 1977. Analytical procedures for the isolation, identification, estimation, and investigation of the chlorophylls. In: Colowick, S. P y Kaplan, N. O. (eds). Methods in enzymology: Photosynthesis, Vol. 23: 452-477.
- STREET, H. E. and OPIK, H. 1984. The Physiology of Flowering Plants: Their Grow and Development 3rd ed. Eduard Arnold. London, 279p.
- TAYLORSON, R. B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seed in soil. Weed Sci. 18:265-269
- TAYLORSON, R. B. y HENDRICKS, S. B. 1977. Dormancy in seeds. Ann. Rev. Plant Physiol. 28: 331-354.

- THOMAS, T. H; GRAY, D. y BIDDINGTON, N. L. 1978. The influence of the position of the seed on the mother plant on seed and seedling performance. *Acta Horticulturae*. 83:57-66.
- THOMPSON, K. 1987. Seeds and seed banks. *New Phytol.* 106: 23-34.
- VEGIS, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15: 185-224.
- WESSON, G. y WAREING, P. F. 1969. The induction of light sensitivity in weed seeds by burial. *J. Exp. Bot.* 20:404-413
- WHITELAM, G. C. y SMITH, H. 1991. Retention of Phytochrome-Mediated Shade Avoidance Responses in Phytochrome-Deficient Mutants of *Arabidopsis*, Cucumber on Tomato. *J. Plant Physiol.* Vol 139:119-125.
- WILLSON, M. E; PRICE, P. W. 1980. Resource limitation of fruit and seed production in some *Asclepias species*. *Can. J. Bot.* 58:2229-33.
- WONG, R. 1991. Influencia de la temperatura en la ruptura de la latencia de semillas de las arvenses *Ipomea purpurea* (Convolvulaceae) y *Sicyos deppei* (Cucurbitaceae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 68p.
- WULFF, R. D. 1985. Germination of seeds of different sizes in *Hyptis suaveolens*: The response to irradiance and mixed red-far-red sources. *Can. J. of Bot.* 63: 885-888.
- ZEPEDA. A, S. 1988. Estudio Preliminar de la Biología de la Arvense *Sicyos deppei* G. Don. y el efecto de poblaciones naturales sobre el rendimiento y la cosecha de maíz, *Zea mays* L. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. 98p.
- ZEPEDA. A, S. 1991. La maleza del maíz en el Distrito de Desarrollo Rural 04 de Querétaro. Memorias del XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro, pp. 68.

9.0.

## APENDICE

Cuadro A. Precipitación (mm) registrada en el Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía-UNAM, D. F., durante los meses de Mayo a Noviembre de 1991.

| Fecha | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct.  | Nov. |
|-------|------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| 1     | 4.7  | 0.0   | 1.3   | 0.0    | 4.7   | 0.0   | 0.8  |
| 2     | Inap | 0.4   | 3.5   | 0.0    | 6.0   | 5.1   | 0.0  |
| 3     | 4.0  | 0.1   | 5.6   | 4.3    | 17.8  | 12.2  | 0.0  |
| 4     | 0.0  | 0.0   | 1.6   | 3.2    | 4.5   | 16.0  | 0.0  |
| 5     | 1.9  | 0.0   | 6.7   | 1.7    | 4.3   | 29.5  | 0.0  |
|       | 10.6 | 0.5   | 18.7  | 9.2    | 37.3  | 62.8  | 0.8  |
| 6     | 3.9  | 0.0   | 31.3  | 2.0    | 6.3   | 0.6   | 0.0  |
| 7     | Inap | 0.0   | Inap  | 0.0    | 2.0   | 0.3   | 0.1  |
| 8     | 10.0 | 4.9   | 2.7   | 5.1    | 0.0   | 2.2   | 0.1  |
| 9     | 2.0  | 1.4   | 10.0  | 0.0    | 0.0   | 16.4  | 0.0  |
| 10    | 5.9  | 14.1  | Inap  | 0.0    | 0.0   | 8.2   | 0.0  |
|       | 21.8 | 20.4  | 44.0  | 7.1    | 8.3   | 27.7  | 0.2  |
| 11    | 0.0  | 1.5   | 0.0   | 0.4    | 0.0   | Inap  | 0.0  |
| 12    | 0.0  | 1.0   | 17.8  | 0.1    | 0.4   | 0.0   | 0.0  |
| 13    | 4.8  | 0.1   | 3.6   | Inap   | 1.2   | 0.0   | 0.0  |
| 14    | 0.1  | 3.0   | 1.5   | 1.0    | 1.0   | 0.0   | 0.0  |
| 15    | 0.0  | 20.4  | 0.6   | 0.0    | 1.8   | 0.0   | 0.0  |
|       | 4.9  | 26.0  | 23.5  | 1.5    | 4.4   | 0.0   | 0.0  |
| 16    | 4.5  | 0.0   | 0.0   | 0.6    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 17    | 0.0  | 12.4  | 0.0   | 0.0    | 1.6   | 0.0   | 0.0  |
| 18    | 1.0  | 13.4  | 17.4  | 0.4    | 5.5   | 0.0   | 3.9  |
| 19    | 0.0  | 5.5   | 6.8   | 1.9    | Inap  | 4.0   | 0.0  |
| 20    | 0.0  | 12.6  | 31.0  | 0.0    | 0.0   | 28.2  | 0.0  |
|       | 5.5  | 43.9  | 55.2  | 2.9    | 7.1   | 32.2  | 3.9  |
| 21    | 0.0  | 2.1   | 4.0   | 0.0    | 7.7   | 9.0   | 0.0  |
| 22    | 0.0  | 0.0   | 24.0  | Inap   | 10.6  | 0.2   | 0.0  |
| 23    | 0.0  | 8.5   | 10.8  | 11.8   | 0.6   | 2.4   | 0.0  |
| 24    | 0.0  | 2.9   | 2.6   | 11.6   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 25    | 0.0  | 28.5  | 1.2   | 1.2    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
|       | 0.0  | 42.0  | 42.6  | 24.6   | 18.9  | 11.6  | 0.0  |
| 26    | 9.5  | 35.0  | 15.4  | 16.8   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 27    | 2.9  | 1.2   | 34.8  | 0.9    | 0.4   | 0.5   | 0.0  |
| 28    | 1.9  | 7.9   | 3.8   | 0.2    | 6.9   | 0.0   | 0.0  |
| 29    | 0.0  | 10.2  | 0.6   | 1.1    | 0.0   | 1.7   | 0.0  |
| 30    | 0.0  | 7.6   | 3.5   | 3.3    | 1.7   | 5.0   | 0.0  |
| 31    | 0.0  |       | 0.0   | 0.0    |       | 1.6   |      |
|       | 14.3 | 61.9  | 58.1  | 22.3   | 9.0   | 8.8   | 0.0  |
| Total | 57.1 | 194.7 | 241.1 | 67.6   | 85.0  | 143.1 | 4.9  |

Total 233 mm.  
Media 2.6  
Desv est  $\pm$  5.5

Cuadro B. Temperaturas mínimas y máximas diarias ( $^{\circ}\text{C}$ ) registradas en el Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía-UNAM, México D. F, durante los meses de Mayo a Noviembre de 1991.

| Fecha     | MAYO |      | JUNIO |      | JULIO |      | AGOSTO |      |
|-----------|------|------|-------|------|-------|------|--------|------|
|           | Min  | Max  | Min   | Max  | Min   | Max  | Min    | Max  |
| 1         | 11.3 | 28.0 | 11.0  | 30.5 | 13.4  | 18.2 | 9.0    | 24.5 |
| 2         | 9.6  | 28.6 | 12.8  | 31.0 | 12.7  | 19.8 | 13.8   | 25.1 |
| 3         | 10.4 | 29.8 | 11.7  | 30.4 | 13.9  | 19.0 | 11.0   | 23.8 |
| 4         | 10.5 | 30.2 | 11.8  | 30.5 | 14.5  | 20.5 | 11.6   | 24.4 |
| 5         | 13.0 | 30.9 | 11.6  | 30.6 | 13.5  | 20.2 | 11.5   | 24.8 |
| $\bar{X}$ | 10.9 | 29.5 | 11.8  | 30.6 | 13.6  | 19.4 | 11.4   | 24.5 |
| 6         | 14.0 | 24.2 | 10.6  | 29.7 | 13.6  | 26.8 | 13.8   | 23.2 |
| 7         | 11.0 | 24.5 | 11.7  | 26.8 | 13.5  | 19.5 | 12.9   | 23.2 |
| 8         | 12.0 | 25.9 | 13.0  | 31.3 | 12.0  | 24.2 | 11.8   | 23.8 |
| 9         | 7.9  | 25.6 | 12.3  | 26.5 | 11.5  | 23.3 | 11.7   | 25.2 |
| 10        | 10.4 | 24.8 | 13.9  | 25.5 | 12.8  | 23.5 | 9.5    | 25.3 |
| $\bar{X}$ | 11.1 | 25.0 | 12.3  | 27.9 | 12.7  | 23.5 | 11.9   | 24.1 |
| 11        | 10.5 | 27.0 | 11.1  | 23.5 | 11.2  | 21.5 | 10.8   | 24.9 |
| 12        | 10.6 | 25.8 | 11.1  | 25.6 | 10.1  | 24.2 | 10.1   | 24.0 |
| 13        | 10.5 | 26.4 | 14.0  | 26.4 | 11.5  | 25.5 | 9.0    | 23.7 |
| 14        | 10.4 | 24.5 | 15.1  | 26.0 | 13.5  | 23.0 | 10.1   | 25.8 |
| 15        | 9.6  | 27.6 | 15.4  | 22.3 | 12.8  | 24.3 | 12.0   | 26.3 |
| $\bar{X}$ | 10.3 | 26.3 | 13.3  | 24.8 | 11.8  | 23.7 | 10.4   | 24.9 |
| 16        | 11.0 | 27.0 | 11.3  | 25.2 | 9.8   | 24.4 | 10.8   | 26.2 |
| 17        | 10.2 | 27.5 | 13.7  | 25.0 | 12.3  | 24.8 | 12.3   | 26.4 |
| 18        | 11.5 | 27.4 | 13.7  | 25.5 | 10.0  | 24.0 | 9.5    | 26.0 |
| 19        | 9.2  | 27.2 | 13.2  | 21.6 | 10.4  | 25.5 | 10.0   | 24.8 |
| 20        | 10.5 | 28.2 | 12.5  | 22.4 | 12.2  | 24.2 | 13.1   | 24.8 |
| $\bar{X}$ | 10.5 | 27.5 | 12.9  | 23.9 | 10.9  | 24.6 | 11.1   | 25.6 |
| 21        | 13.2 | 29.3 | 11.9  | 24.3 | 12.8  | 23.4 | 14.7   | 23.9 |
| 22        | 13.5 | 30.1 | 11.8  | 26.0 | 12.8  | 23.9 | 12.0   | 25.9 |
| 23        | 13.0 | 30.8 | 13.4  | 22.9 | 13.2  | 22.7 | 11.7   | 25.5 |
| 24        | 13.6 | 31.5 | 13.5  | 19.8 | 12.0  | 20.8 | 15.0   | 24.2 |
| 25        | 14.9 | 30.2 | 12.9  | 22.6 | 10.5  | 24.6 | 13.5   | 24.3 |
| $\bar{X}$ | 13.6 | 30.4 | 12.7  | 23.1 | 12.3  | 23.1 | 13.4   | 24.7 |
| 26        | 13.1 | 29.4 | 12.5  | 20.2 | 13.2  | 24.2 | 13.7   | 23.5 |
| 27        | 12.1 | 28.2 | 13.9  | 21.9 | 11.4  | 24.8 | 13.0   | 24.8 |
| 28        | 11.6 | 26.6 | 14.8  | 22.0 | 8.2   | 24.2 | 13.3   | 26.3 |
| 29        | 12.0 | 26.4 | 12.9  | 22.1 | 9.6   | 25.2 | 14.1   | 24.2 |
| 30        | 11.6 | 28.4 | 9.5   | 19.5 | 10.5  | 24.6 | 13.5   | 24.3 |
| 31        | 11.8 | 31.5 |       |      | 9.0   | 24.4 | 9.8    | 26.3 |
| $\bar{X}$ | 12.0 | 28.4 | 12.7  | 21.3 | 10.3  | 24.6 | 12.9   | 24.9 |

Continuación de B.

| Fecha     | Septiembre |      | Octubre |      | Noviembre |      |
|-----------|------------|------|---------|------|-----------|------|
|           | Min        | Max  | Min     | Max  | Min       | Max  |
| 1         | 11.0       | 25.8 | 13.0    | 20.5 | 8.2       | 21.3 |
| 2         | 13.5       | 25.8 | 13.3    | 23.0 | 9.0       | 23.2 |
| 3         | 14.0       | 24.7 | 13.1    | 19.8 | 9.3       | 21.9 |
| 4         | 14.5       | 24.3 | 10.8    | 22.9 | 9.5       | 18.0 |
| 5         | 14.6       | 20.6 | 13.5    | 19.2 | 9.0       | 17.6 |
| $\bar{X}$ | 13.5       | 24.2 | 12.7    | 21.9 | 9.0       | 20.4 |
| 6         | 14.6       | 23.0 | 13.1    | 17.4 | 9.2       | 23.3 |
| 7         | 15.1       | 23.8 | 11.4    | 16.0 | 9.0       | 20.5 |
| 8         | 11.1       | 24.9 | 11.1    | 16.5 | 9.8       | 17.8 |
| 9         | 12.9       | 25.5 | 12.0    | 20.5 | 10.8      | 20.2 |
| 10        | 10.8       | 25.0 | 12.4    | 18.5 | 7.6       | 22.0 |
| $\bar{X}$ | 12.9       | 24.4 | 12.0    | 17.8 | 9.2       | 20.8 |
| 11        | 13.1       | 23.8 | 8.0     | 18.9 | 4.2       | 23.0 |
| 12        | 13.7       | 23.6 | 5.3     | 21.1 | 3.5       | 21.9 |
| 13        | 13.0       | 22.3 | 5.4     | 23.9 | 7.0       | 21.8 |
| 14        | 11.0       | 23.8 | 4.0     | 24.2 | 5.0       | 25.2 |
| 15        | 11.0       | 22.3 | 8.9     | 22.4 | 5.0       | 25.0 |
| $\bar{X}$ | 13.4       | 23.2 | 6.3     | 22.1 | 4.9       | 23.3 |
| 16        | 12.9       | 19.2 | 9.2     | 21.2 | 6.0       | 24.9 |
| 17        | 13.5       | 16.9 | 9.0     | 22.3 | 6.8       | 19.8 |
| 18        | 11.0       | 23.8 | 12.8    | 21.9 | 6.8       | 22.9 |
| 19        | 13.1       | 22.9 | 11.9    | 21.9 | 6.5       | 21.2 |
| 20        | 13.0       | 22.5 | 11.7    | 20.5 | 6.4       | 21.6 |
| $\bar{X}$ | 12.7       | 21.1 | 10.9    | 21.6 | 6.5       | 22.1 |
| 21        | 12.1       | 21.5 | 8.7     | 19.2 | 7.3       | 21.2 |
| 22        | 12.8       | 19.8 | 8.9     | 21.2 | 6.8       | 22.1 |
| 23        | 13.9       | 22.6 | 9.6     | 24.0 | 3.8       | 22.0 |
| 24        | 9.2        | 23.9 | 7.6     | 21.8 | 8.0       | 18.2 |
| 25        | 11.8       | 23.0 | 10.5    | 22.2 | 6.5       | 20.6 |
| $\bar{X}$ | 12.0       | 22.2 | 9.1     | 21.7 | 6.5       | 20.8 |
| 26        | 13.8       | 19.8 | 12.0    | 24.0 | 3.8       | 20.2 |
| 27        | 10.1       | 21.4 | 9.9     | 23.8 | 3.5       | 21.0 |
| 28        | 10.5       | 16.3 | 11.5    | 24.0 | 3.0       | 19.5 |
| 29        | 11.4       | 22.0 | 10.0    | 24.8 | 2.9       | 23.2 |
| 30        | 13.4       | 21.0 | 8.3     | 25.2 | 4.1       | 24.8 |
| 31        |            |      | 10.0    | 22.8 |           |      |
| $\bar{X}$ | 11.8       | 20.1 | 10.3    | 24.1 | 3.5       | 21.7 |

Cuadro C. Porcentajes de humedad relativa diaria registrados en el Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía-UNAM, México D. F, durante los meses de Mayo a Noviembre de 1991.

| Fecha     | Mayo    | Junio   | Julio   | Agosto  | Sept.   | Oct.    | Nov.    |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1         | 64.62   | 51.91   | 94.33   | 58.54   | 77.66   | 79.37   | 82.33   |
| 2         | 51.41   | 62.58   | 88.58   | 69.12   | 87.04   | 82.83   | 72.50   |
| 3         | 63.08   | 62.33   | 95.70   | 80.91   | 78.54   | 87.29   | 77.80   |
| 4         | 50.87   | 50.95   | 90.91   | 74.50   | 88.33   | 83.04   | 74.91   |
| 5         | 48.33   | 49.41   | 97.33   | 85.54   | 93.58   | 91.41   | 84.70   |
| 6         | 72.54   | 48.50   | 87.75   | 77.50   | 89.62   | 91.16   | 76.66   |
| 7         | 67.41   | 69.29   | 84.16   | 71.58   | 84.62   | 91.95   | 76.70   |
| 8         | 71.28   | 69.25   | 84.29   | 73.04   | 69.66   | 91.45   | 86.66   |
| 9         | 66.04   | 70.41   | 81.79   | 65.29   | 59.70   | 86.66   | 71.46   |
| 10        | 71.12   | 83.08   | 80.41   | 75.37   | 66.58   | 87.04   | 68.33   |
| 11        | 54.08   | 94.29   | 79.70   | 57.12   | 73.62   | 80.45   | 64.29   |
| 12        | 57.87   | 72.87   | 84.79   | 62.50   | 74.41   | 69.95   | 67.45   |
| 13        | 67.95   | 79.50   | 81.04   | 73.33   | 87.25   | 59.41   | 67.04   |
| 14        | 67.00   | 79.16   | 84.20   | 69.79   | 77.54   | 60.58   | 62.91   |
| 15        | 56.87   | 91.16   | 75.16   | 65.16   | 79.79   | 47.37   | 60.29   |
| 16        | 65.20   | 75.83   | 70.41   | 65.95   | 68.00   | 62.33   | 62.83   |
| 17        | 52.79   | 74.21   | 71.16   | 69.83   | 86.45   | 70.25   | 70.33   |
| 18        | 55.16   | 87.00   | 84.02   | 69.50   | 71.70   | 75.25   | 78.66   |
| 19        | 56.20   | 87.41   | 82.32   | 80.79   | 81.33   | 79.45   | 73.41   |
| 20        | 52.75   | 87.12   | 86.79   | 74.79   | 73.62   | 83.58   | 76.41   |
| 21        | 57.20   | 83.16   | 83.91   | 69.95   | 69.45   | 90.00   | 70.00   |
| 22        | 55.44   | 71.91   | 83.66   | 60.87   | 73.91   | 84.20   | 56.66   |
| 23        | 50.66   | 81.62   | 84.00   | 75.29   | 81.45   | 76.54   | 51.41   |
| 24        | 44.29   | 90.25   | 88.87   | 76.04   | 71.83   | 74.75   | 73.08   |
| 25        | 55.87   | 89.33   | 74.16   | 72.08   | 72.70   | 74.41   | 68.29   |
| 26        | 51.12   | 96.66   | 80.25   | 80.83   | 76.20   | 75.75   | 77.91   |
| 27        | 73.29   | 85.70   | 81.75   | 77.45   | 61.54   | 75.45   | 63.92   |
| 28        | 76.25   | 83.29   | 74.29   | 72.91   | 93.45   | 75.62   | 69.79   |
| 29        | 68.79   | 86.91   | 66.12   | 69.70   | 78.91   | 77.50   | 66.83   |
| 30        | 66.95   | 92.83   | 76.62   | 78.50   | 85.66   | 78.50   | 65.34   |
| 31        | 65.58   |         | 62.79   | 71.75   |         | 72.87   |         |
| Tot.      | 8506.06 | 2397.86 | 2541.26 | 2245.52 | 2334.14 | 2416.41 | 2118.90 |
| $\bar{X}$ | 274.38  | 79.92   | 81.97   | 72.43   | 77.80   | 77.94   | 70.63   |