

40  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"**

**EL PAPEL DEL FITOCROMO EN LA DEETIOLACION DE INDIVIDUOS DE STENOCEREUS**

**GRISEUS (HAWK) MBUXBAUM**

**(PITAYO DE MAYO)**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de Exámenes Profesionales

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
P R E S E N T A :  
**JORGE MONTROYA SUAREZ**

DIRECTOR DE TESIS:  
**BIOL. ELVA MARTINEZ H.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## CONTENIDO.

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1. Antecedentes generales de <i>Stenocereus griseus</i> .	4
II.1.1. Clasificación taxonómica	4
II.1.2. Descripción botánica	4
II.1.3. Descripción de plántulas de géneros afines.	5
II.1.4. Origen y distribución	11
II.1.5. Importancia y usos	12
II.1.6. El cultivo de la pitaya	13
II.1.7. Métodos de propagación de cactáceas	16
II.1.7.1. Propagación por medio de semilla	16
II.1.7.2. Propagación por esquejes e hijuelos	18
II.1.8. Plagas y enfermedades de algunos géneros de cactáceas.	18
II.2. Antecedentes fisiológicos de <i>Stenocereus griseus</i>	24
II.3. Luz y fitocromo	25
II.3.1. Características del fitocromo	25
II.3.2. Etiolación y deetiolación	29
II.3.3. Participación de las giberelinas en el desarrollo de plántulas etioladas y deetioladas y su regulación por el fitocromo.	33
II.3.4. Participación de otras sustancias	34
III. MATERIALES Y METODOS	36
III.1. Adaptación de instrumentos	36
III.1.1. Sección de manipuleo y conteo	36
III.1.2. Sección de imbibición	39
III.1.3. Sección de irradiación	39

III.1.4. Sección de incubación	42
III.2 Obtención de la semilla	44
III.3. Métodos	45
III.3.1. Germinación	45
III.3.2. Determinación de la edad óptima para la exposición a la luz roja.	46
III.3.3. Determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja	48
III.3.4. Prueba con luz rojo lejano	48
III.3.5. Cuantificación de la concentración de clorofilas	50
III.3.6. Análisis estadístico	52
IV. RESULTADOS	53
IV.1 Germinación	53
IV.2 Edad óptima para la exposición a la luz roja	56
Descripción morfológica	56
Análisis de la longitud de plántulas	57
Análisis de varianza	58
Comparación de medias..	58
Análisis del diámetro de plántulas	60
Análisis de varianza	60
Comparación de medias	60
Análisis de correlación	62
IV.3 Tiempo óptimo de irradiación con luz roja	62
Descripción morfológica	63
Análisis de la longitud de plántulas	66
Análisis de varianza	68
Comparación de medias	68

	Página
Análisis del diámetro de plántulas	70
Análisis de varianza	72
Comparación de medias	72
Análisis del contenido de clorofila "a"	74
Análisis de varianza	76
Comparación de medias	76
Análisis del contenido de clorofila "b"	77
Análisis de varianza	78
Comparación de medias	78
Relación entre clorofilas "a" y "b"	81
Análisis de correlación	81
IV.4 Prueba con luz rojo lejano.	82
Descripción morfológica	82
Análisis de la longitud de plántulas	85
Análisis de varianza	86
Comparación de medias	86
Análisis del diámetro	88
Análisis de varianza	90
Comparación de medias	90
Análisis del contenido de clorofila "a"	90
Análisis de varianza	91
Comparación de medias	91
Análisis del contenido de clorofila "b"	93
Análisis de varianza	95
Comparación de medias	95
Relación entre clorofilas "a" y "b"	95

	Página
Análisis de correlación	96
V. ANALISIS Y DISCUSION	100
CONCLUSION	109
RECOMENDACIONES	110
LITERATURA CITADA	111
APENDICE	

## I. INTRODUCCION .

Debido a la importancia que tienen en la producción de alimentos, las especies de interés agrícola (especies domesticadas) han sido estudiadas en múltiples aspectos; sin embargo, la introducción de estas especies como cultivos agrícolas frecuentemente ha propiciado el uso inacecuado y anárquico de la tierra, provocando la desaparición innecesaria de la vegetación original, trayendo como consecuencia la alteración del ambiente ecológico y muchas veces la total desertificación de la zona (Rzedowski, 1978).

El establecimiento de ecocultivos (aprovechamiento de una planta nativa con la biosíntesis del lugar), es decir una agricultura basada en la explotación de especies silvestres con un alto potencial agrosocioeconómico adaptadas a su medio y requiriendo un mínimo de insumos, es un tópico que reviste gran importancia ya que es una alternativa de desarrollo que se debe impulsar al máximo para poder aprovechar, en forma racional, los recursos naturales de zonas ecológicamente determinadas, y con esto coadyuvar a la solución de algunos de los problemas del agro mexicano (Bedoya M., 1982).

La mayoría de las investigaciones agrícolas en México normalmente no han involucrado el estudio de especies nativas o silvestres (adaptadas a medios específicos en ocasiones muy drásticos) con vistas a su aprovechamiento, especies que pueden ser susceptibles de explotación dada su potencialidad en la producción de alimentos, o bien de materias primas derivadas de ellas.

La gran variedad de condiciones climáticas, y por ende ecológicas con que cuenta nuestro país, da como resultado la existencia de un elevado número de -

especies silvestres "adaptadas" que son utilizadas en una escala mínima, tal es el caso de las especies de zonas áridas y semiáridas, ocupando éstas grandes -- extensiones del territorio nacional. En dichas zonas las cactáceas, objeto -- del presente estudio, están bien representadas.

Por lo anterior es necesario tener como requisito indispensable un profundo -- conocimiento de las especies, que debe involucrar desde los métodos de su pro-- pagación hasta su fructificación, incluyendo para cada estado fenológico el -- aspecto fisiológico, sanitario, técnico de manejo, etc., con el fin de aprove-- char al máximo los recursos naturales de que se dispone.

El estudio de la especie Stenocereus griseus (Haw) Buxbaum (pitayo de mayo), -- es de gran importancia, ya que la mayor parte de las zonas productoras han sido consideradas como zonas marginadas, es decir, que no contribuyen en la econo-- mía nacional. Si se inicia el conocimiento de esta especie podría existir la -- posibilidad de lograr una producción a gran escala, lo que representaría una fuente de ingresos para los habitantes de esas zonas. Además podría considerarse para efectos de reforestación, ya que su misma adaptación a las condiciones -- de estas zonas implicaría una disminución en el presupuesto para su mantenimien-- to y, una vez establecidas, los cuidados serían mínimos.

Con el presente trabajo se pretende estudiar un aspecto de la fisiología de -- S. griseus, específicamente en la etapa subsiguiente a la germinación --fase de emergencia-- involucrando la deetiolación de individuos como eje rector de esta investigación.

Esta es la segunda etapa de un proyecto en el cual se pretende lograr el cono--



cimiento de los eventos fisiológicos en cada una de las etapas fenológicas de esta especie, y que concluirá con el establecimiento de individuos bajo condiciones naturales.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización del presente trabajo son los siguientes:

Generales:

1. Continuar con la investigación realizada por la Biol. Elva Martínez Holguín y que fue presentada como un trabajo de tesis de licenciatura.
2. Contribuir al conocimiento sobre el comportamiento fisiológico de la especie como base para futuras investigaciones. ya que sobre esta especie se conoce muy poco.

Particulares:

1. Evaluar la germinación de las semillas en materia inerte (vermiculita).
2. Lograr la deetioliación en individuos de S. griseus implicando:
  - a) Determinación de la edad óptima para su exposición a luz roja una vez que haya emergido la radícula.
  - b) Determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja para lograr la deetioliación.
  - c) Demostrar si el fitocromo está involucrado en el proceso de deetioliación.

## II. ANTECEDENTES.

### II.1 ANTECEDENTES GENERALES DE Stenocereus griseus (Haw) Buxbaum (PITAYO DE MAYO)

#### II.1.1. Clasificación Taxonómica.

El pitayo de mayo se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (Bravo, H. 1978):

Familia	Cactaceae Lindl.
Subfamilia	Ceroideae Schum.
Tribu	Pachycereae Buxb.
Subtribu	Stenocereineae Buxb.
Género	Stenocereus (Berg) Ricc
Especie	griseus

Hasta la fecha se conocen 19 especies de este género. La especie S. griseus -- se conoce también como: Cereus griseus Salm Dyck; Cereus crenulatus griseus SD; Cereus resupinatus SD; Cereus gladius Lemaire; Lemaireocereus griseus (Haw) Britton et Rose; Ritterocereus griseus (Haw) Backberg. (Bravo H., 1978).

Comúnmente se le conoce también como "pitayo de mitla", "pitaya", "pitaya de mayo" (Martínez, M. 1979).

#### II.1.2. Descripción botánica.

Son plantas arborescentes, de 6 a 9 metros de altura, ramosas con un tronco -- bien definido, de aproximadamente 35 cm. de diámetro o bien dos ramas desde -- la base. Sus ramas son de color verde más o menos glauco, generalmente erectas, a veces flexuosas. Costillas de 8 a 10. aréolas distantes entre sí 2 a 3 cm.,

de 8 mm. de longitud, con fieltro moreno en tiempo grisáceo. Espinas más o menos subuladas, espinas radiales 10 a 11, de 6 a 10 mm. de largo. Espinas centrales 3, de 15 mm. de largo o más; las más largas hasta de 4 cm. de longitud, al principio color rojo claro con la punta oscura, después grisáceas. Flores hasta de 10 cm. de longitud; segmentos exteriores del perianto rojizos, segmentos interiores del perianto blancos; botón floral obtuso o redondeado, con el ápice cubierto por escamas obtusas, morenas (fig. 1). Fruto globoso hasta ligeramente ovoide, de 5 cm. de diámetro, provisto de aréolas espinosas y caducas, color que varía desde el verde amarillento hasta el rojo o moreno púrpura; pulpa del mismo color que el pericarpelo, comestible. - Las semillas de las especies que pertenecen a este género son grandes con testa negra, lisa hasta verrucosa, hilo hundido; embrión curvo; cotiledones grandes y triangulares; plántulas con hipocótilo breve (Bravo H., 1978; Britton et Rose, 1963).

### II.1.3. Descripción de plántulas de géneros afines.

La siguiente descripción de plántulas fue realizada por Cota Sánchez (1972) - quien trabajó con el género Cereus sp. durante los primeros estadios posteriores a la germinación bajo condiciones controladas. Es importante mencionar que las características presentadas por esta especie pueden variar de acuerdo al género y también con las condiciones ambientales a las que se sometan durante la germinación, pero básicamente éstas son muy similares, como se podrá observar en las figuras respectivas.

La primera estructura en emerger de la semilla es aquella que dará origen a la raíz, se caracteriza por ser blanca, sin presentar aún primordios radícula-

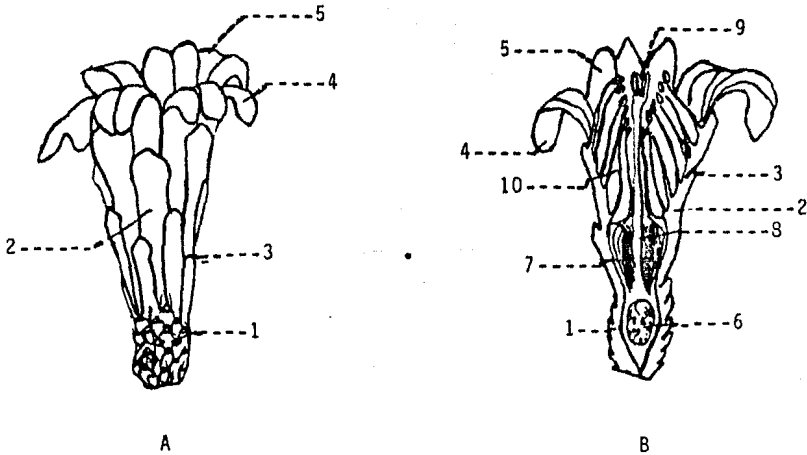


Fig. 1. Dibujo esquemático de una flor del género Stenocereus.

A. Aspecto exterior, B. Sección longitudinal: 1) pericarpelo pequeño bien definido del tubo receptacular con podarios pequeños y numerosos provistos de escamas triangulares que desarrollan espinas después de la antesis; - - 2) tubo receptacular infundibuliforme con podarios largos y decurrentes; - - 3) escamas con axilas desnudas; 4) segmentos exteriores del perianto; 5) segmentos interiores del perianto; 6) cavidad del ovario; 7) cámara nectarial; 8) estilo; 9) lóbulos del estigma; 10) estambres. (Tomado de Bravo, H., 1978)

res y no se adhiere al sustrato (fig. 2); toda esta estructura, incluyendo a la semilla, mide aproximadamente 5 mm y crece rápidamente hasta dejar al descubierto el hipocotilo y parte de sus hojas cotiledonares.

A los 4 días de germinada la semilla, se observa una plántula carnosa que no muestra vellos radiculares o estructuras semejantes (fig. 3); el hipocotilo -- ya mide aproximadamente 1 mm. de diámetro y las hojas cotiledonares empiezan a abrirse. El tamaño total de la plántula a los 4 días es de 6 mm.

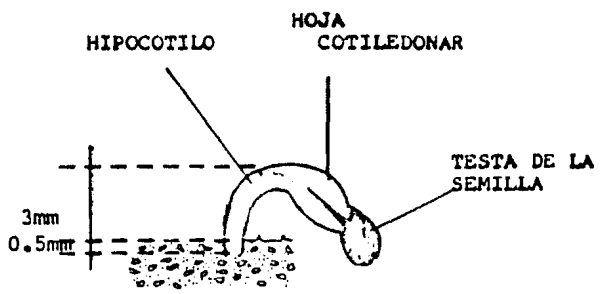


Fig. 2. Plántula de *Cereus* sp. recién germinada.

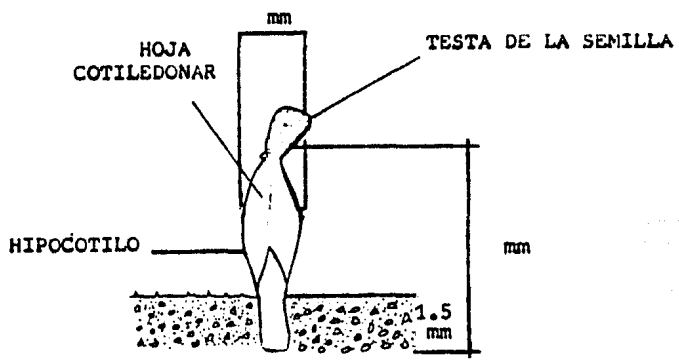


Fig. 3. Plántula de *Cereus* sp. con cuatro días de germinada.

Al décimo día, la plántula presenta sus hojas cotiledonares completamente -- abiertas, su forma es lanceolada y en su porción central se encuentran peque-- ñas protuberancias que formarán la yema del tallo y que posteriormente darán -- origen al tallo propiamente dicho (fig. 4). El tamaño promedio de las plántu-- las es de 8 mm. y además se observan los primeros primordios que originarán -- los primeros vellos radiculares.

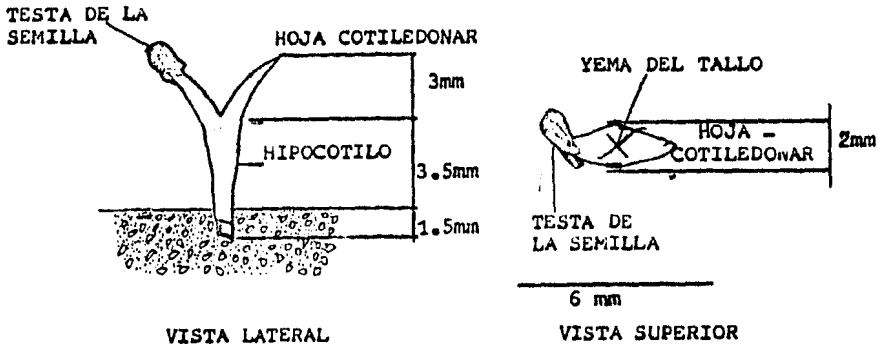


Fig. 4. Planta de *Cereus* sp. de 10 días de germinada.

Al 13vo. día la plántula presenta la yema del tallo bien definida e incluso -- se observan las primeras y frágiles espinas, en la raicilla son evidentes los primeros vellos radiculares que proporcionarán contacto con el sustrato para -- el posterior establecimiento de la plántula (fig. 5).

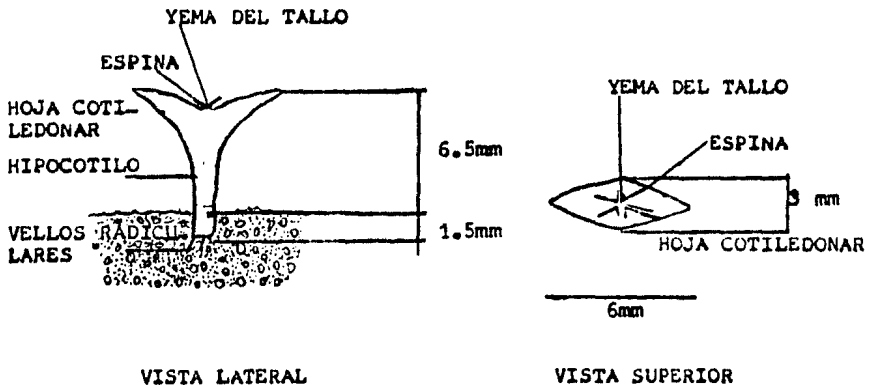
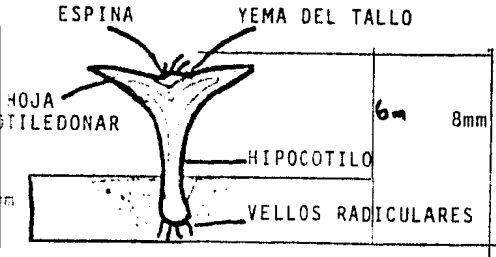


Fig. 5. Planta de *Cereus* sp. de 13 días de germinada.

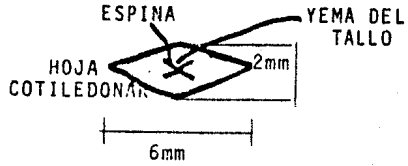
A los 15 días, la yema del tallo presenta un ligero crecimiento, los pelos y --  
 espinas son más notorios y numerosos, flexibles y de apariencia cristalina. El  
 tamaño total de la plántula no aumenta en longitud pero sí en grosor (fig. 6).

Después de los 18 días, las protuberancias que se presentan en la yema del --  
 tallo tienen un mayor número de espinas que cada vez se van haciendo más rígi-  
 das, además, la diferenciación de los vellos radiculares permite la implanta-  
 ción de la plántula (fig. 7).

A los 21 días, las espinas se disponen claramente en forma circular entre las

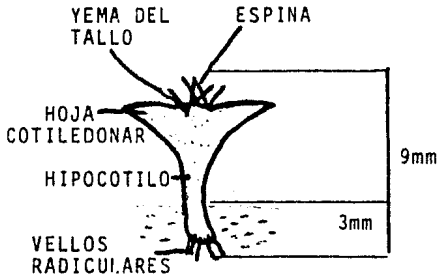


VISTA LATERAL

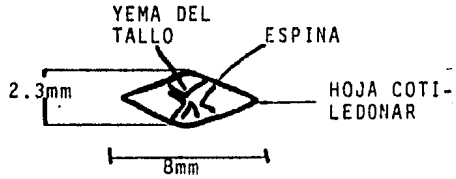


VISTA SUPERIOR

Fig. 6. Planta de Cereus sp. de 15 días de germinada.



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

Fig. 7. Planta de Cereus sp. de 18 días de germinada.



protuberancias de la yema del tallo, haciendo más evidentes las primeras areólas. La longitud promedio de las plántulas es de 9 mm (fig. 8.).

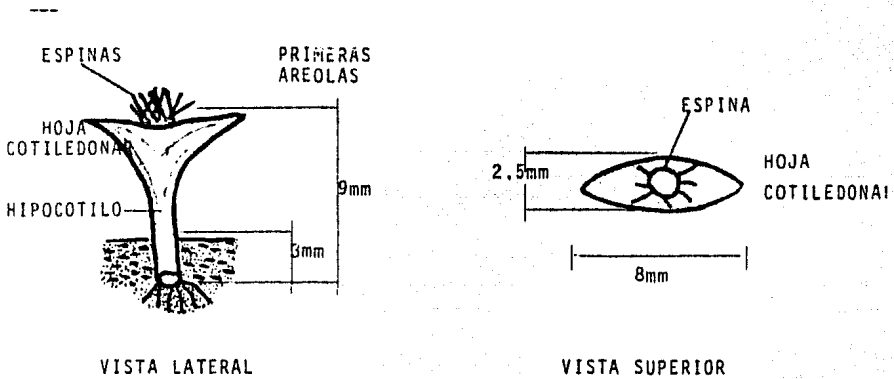


Fig. 8. Planta de Cereus sp. con 21 días de germinada.

En general se ha observado que las hojas cotiledonares no aumentan en tamaño y que el crecimiento corre a expensas de la yema del tallo, la cual crece y toma su forma característica en el transcurso de pocos meses.

#### II.1.4. Origen y distribución.

A pesar de que gran parte de las especies conocidas comúnmente con el nombre de "PITAYA" son nativas del país, S. griseus sitúa su centro de origen en - -

Sudamérica, no habiéndose identificado aún el lugar preciso (Britton N. and -- Rose, 1963).

En la República Mexicana se encuentra sólo en los estados de Puebla, sur de - Tamaulipas, Veracruz y Oaxaca, bajo sistemas de cultivo de huertos familiares y rara vez en forma silvestre. Debido al sabor agradable de sus frutos, esta pitaya se ha convertido en una de las más importantes de la mesa central y - parte sur del país (Bravo H., 1978).

#### II.1.5. Importancia y usos.

La parte de interés antropocéntrico de este cultivo es su fruto, que al parecer sólo en México se consume como fruta fresca (Bravo H., 1978); sin embargo en otras partes del continente se utiliza como madera para fabricar techos y paredes, como fertilizante debido a su alto contenido de potasio, o bien como seto vivo (Britton and Rose, 1963).

Debido al alto contenido de pectinas en los frutos, es posible elaborar jaleas y otros dulces con ellos, siendo por esta razón objeto de comercio activo.

En México su importancia comercial se ve restringida debido a las dificultades que presenta el fruto para su manejo, aunque se considera como de las mejores frutas frescas, que como un lujo llegan a encontrarse magníficos ejemplares en los mercados (Anónimo, 1930).

Cabe mencionar que es rico en ácido ascórbico o Vitamina C, lactona que fue aislada por Djerassi en 1957 (Bravo H., 1978).

#### II.1.6. El cultivo de la "Pitaya".

Preparación del terreno: Esta labor exige sólo la apertura de cepas, cuyas dimensiones son las siguientes: 30 cm. de largo, 30 cm. de ancho y 30 cm. de profundidad. La temporada en que esta labor tiene lugar es a principios de marzo.

Selección de hijuelos: En la mayoría de las explotaciones de "pitayo de mayo", la propagación se realiza por medio de hijuelos. Estos deben ser cuidadosamente seleccionados en base a las siguientes características:

- a) Tamaño mínimo requerido: 80 cm.
- b) De gran vigor, es decir, robustos y sin ninguna clase de daño mecánico.
- c) Que provengan de una planta (planta madre) de altos rendimientos, que presente resistencia a plagas y enfermedades.

El corte de este material vegetativo se realiza en los meses de diciembre y enero, que es la temporada en que la precipitación es muy escasa y en ocasiones nula, lo que aunado al uso de productos fungicidas evita pudriciones en dicho material.

La cicatrización de la herida basal tiene lugar en un período de 45 a 60 días, tiempo en el cual se hace evidente el desarrollo de las raíces adventicias.

Siembrá: El método de siembra que mayormente se utiliza para el establecimiento de huertas es el de "Marco Real" de 2 m. por 2 m., lo que da una densidad de población de 2500 a 2600 plantas/Ha.

La siembra se realiza durante los 15 días anteriores al establecimiento del --

temporal, es decir, de la primera quincena de mayo a la primera quincena de junio, dependiendo de las condiciones ambientales.

Labores culturales: las labores que se dan al cultivo son tres deshierbes - -- anuales; el primero se realiza al inicio de la floración, el segundo se da al establecimiento del temporal y el tercero se practica entre los meses de diciembre y enero.

Otra práctica es el efectuar "cortes de tierra" (muy similares a la labor -- realizada en otros cultivos y que se conoce como trazo de "cajetes") alrededor de cada pitayo con la finalidad de captar la mayor humedad posible; la -- temporada en que se realiza esta labor es antes del establecimiento del temporal.

Fertilización: Dada la poca atención que se le ha brindado a la explotación de esta especie, la fertilización no se practica aún, ya que no se han determinado las exigencias nutricionales de este cultivo.

Uso consuntivo: Aún no se ha determinado el uso consuntivo del pitayo, pero -- se sabe que por ser una planta característica de zonas áridas y semiáridas -- su necesidad hídrica es poca, presentando una alta resistencia a la sequía.

Cosecha: La madurez comercial de los frutos del pitayo se presenta en el mes de mayo (a esto se debe su nombre). La cosecha se realiza en forma manual -- con la ayuda de un instrumento rústico conocido como "garrocha o vara".

Rendimientos: Se calculan rendimientos entre las 10 y las 13 toneladas/Ha. --

Cada planta produce alrededor de 25 a 30 frutos, con un peso promedio que oscila entre los 180 y 200 g. por fruto.

Vida productiva: La vida productiva del pitayo es de 30 a 35 años. Los primeros frutos los produce al tercer año de su establecimiento y los últimos de -- carácter comercial a los 30 o 35 años.

Es importante señalar que al primer año de producción se le llama ensayo y -- aquí los frutos se caracterizan por ser pequeños, de "cáscara gruesa" con poca pulpa e insípidos. Por otro lado, a los frutos de plantas viejas se les llama "pitayas zolotudas", y se caracterizan por ser de gran tamaño, con "cáscara -- gruesa" (más que en el ensayo), poca pulpa y de sabor un tanto insípido.

Otro fenómeno que se presenta en los frutos es el "apostegamiento", caracterizado por una apariencia externa de un fruto normal, pero con la pulpa mucho menos -- densa.

Comercialización: La comercialización se lleva a cabo, en su mayor parte, en el lugar de la producción (por medio de "coyotes") y en mercados regionales. Para mayo de 1984, los precios oscilaron entre los 5 y 8 pesos la pieza, dependiendo de la calidad de los frutos.

NOTA: TODOS LOS DATOS CON RESPECTO AL CULTIVO FUERON OBTENIDOS DE ENTREVISTAS PERSONALES CON PRODUCTORES DE PITAYA EN SANTIAGO MIAHUATLAN, MUNICIPIO DE SAN-- TIAGO MIAHUATLAN, EDO. DE PUEBLA, MEXICO.

### II.1.7. Métodos de propagación de cactáceas.

Stenocereus griseus, así como la gran mayoría de los cactus y algunas plantas -suculentas, se pueden reproducir por semilla, esquejes e hijuelos.

#### II.1.7.1. Propagación por medio de semilla.

La propagación por medio de semilla es muy lenta (Hartmann, 1975) y se recomienda que las semillas sean tratadas con fungicida (captan o TMTD) para evitar algún tipo de infección (Ballester O., 1978); también se recomienda que el medio en donde se encuentren las semillas esté bien drenado y estéril (Hartman, 1975). La temperatura requerida para la germinación es de 21°C (Martínez H., 1983; Ballester O., 1978).

La propagación por semilla requiere de la manufactura de un almácigo en una caja de 1 m<sup>2</sup> cuyo material puede ser plástico, madera o plancha de hierro --galvanizado, con poca profundidad (5 ó 6 cm), en donde las semillas deben esparcirse en forma homogénea sobre la superficie del suelo, la cual habrá sido previamente alisada y humedecida. La densidad de siembra recomendada para --esta superficie es de 16000 semillas (Ballester O., 1978).

El suelo que se recomienda para la elaboración del almácigo está compuesto --por 7 partes de turba fina sphagnum, 2 partes de tierra ligera y una parte de arena.

El mejor momento para realizar la siembra es la segunda quincena de marzo o --la primera de abril. Una vez sembradas, las semillas deberán ser aprisona--das levemente contra el sustrato con ayuda de una tabla plana cubriéndose a

continuación con arena de río lavada formando una capa de 1.5 mm. de espesor, manteniendo siempre cierta humedad constante en el compuesto de suelo mediante un sistema de riego subterráneo (Ballester O., 1978).

La germinación tiene lugar a los 7-10 días, aunque suele acortarse hasta sólo 24 horas o bien alargarse durante meses según las condiciones de la semilla -- (Martínez H., 1983; Glass, 1976).

Una vez germinadas las semillas, el amáximo deberá colocarse en un lugar con buena ventilación y que además esté sombreado. Cada 7 ó 10 días se deberá pulverizar un producto fungicida para evitar la proliferación de hongos causantes de pudrición de las plántulas (Glass, 1976).

El riego se dará cada 10 días, utilizando este medio para realizar la fertilización con una fórmula 10-20-30, a razón de 1 ó 2 g/lit (Ballester O., 1978).

Cuando las plantas alcanzan una altura de 2.5 cm. a partir de la base del tallo se trasplantarán a un recipiente más profundo, con suelo más nutritivo y menos turboso (Glass, 1976) y se plantarán a una distancia de 2.5 a 3.5 cm entre sí, dando al suelo una humedad constante, así como fertilización quince--nal (Ballester O., 1978).

Cuando las plantas llegan a tener contacto entre sí, es el momento de realizar un nuevo trasplante. Durante el invierno estas plantas no deberán padecer temperaturas inferiores a 7-8°C (Ballester O., 1978).

En un período de 7 a 12 meses, según las condiciones, las plantas estarán -- listas para ser establecidas en su lugar definitivo (Glass, 1976).

#### II.1.7.2. Propagación por esquejes e hijuelos.

Estas operaciones se deberán realizar a partir de marzo y hasta finales de agosto (Hartmann, 1975). El sustrato más adecuado para el enraizamiento de esquejes o hijuelos, consiste en una mezcla de arena gruesa y turba sphagnum en partes iguales (Ballester O., 1978).

Una condición indispensable para el enraizamiento de estos órganos es que la herida basal de los mismos esté perfectamente seca. La cicatrización tiene lugar en un período de 1 ó 2 meses. Durante este tiempo, el material deberá estar situado en un lugar templado, sombreado y ventilado, recomendándose espolvorear en la herida basal un producto fungicida y una hormona de enraizamiento (Ballester O., 1978; Hartmann, 1975; Glass, 1976).

La pieza vegetal a enraizar no deberá hundirse en el sustrato más allá de 2 a 4 cm (Ballester O., 1978).

En el momento de la plantación del esqueje o hijuelo, debe haber una ligera humedad en el suelo. Este variará en función del grosor del esqueje o hijuelo de una manera inversamente proporcional (Ballester O., 1978; Glass, 1976).

#### II.1.8. Plagas y enfermedades de algunos géneros de cactáceas.

Desafortunadamente en México no se cuenta con un estudio específico de las plagas que afectan la producción del pitayo de mayo; sin embargo se tiene un antecedente de aquéllas que atacan a algunos géneros de la familia.



Brailovsky y Sánchez (1981) realizaron una revisión bibliográfica de las plagas del orden Hemiptera-Heteróptera, tribu Chelinideni Blatchley, que consta de un género y 5 especies, todas presentes en México, y que se alimentan exclusivamente de cactáceas, de la cual se hace un breve resumen que se expone a continuación.

Tribu Chelinideni: Está integrada por individuos de tamaño mediano y ampliamente ovales, la cabeza es casi cilíndrica, estrecha, prolongada por delante de la base de las antenas y su longitud es de tres cuartas partes de la longitud del pronoto; antena robusta y alcanzando el ápice del escutelo; espolón del séptimo esternito, sencillo y ranurado en el macho y ausente en la hembra.

A los representantes de esta tribu, exclusivamente americana y monogénica, se le conoce como chinches de los cactus dado que guardan especificidad alimentaria.

#### Género Chelinidea Uhler.

Cabeza: Subigual o ligeramente mayor que la longitud total del pronoto; ojos - sencirculares, prominentes; antena de 4 artejos.

Tórax: Pronoto casi del doble de ancho que de largo; cercanamente hexagonal; - región esternal con un surco para recibir al rostro. Patas con fémures engrosados y armados ventralmente con 2 filas de dientes; tibias prismáticas. Escutelo equilátero. Hemélitro no sobrepasa el ápice del abdomen y es más angosto que él; membranas con venas numerosas y bifurcadas.

Abdomen: Oval y más ancho que los hemélitros; convexivo ampliamente expuesto.

## Especies.

Chelinidea humteri Hamlim. Se señala como hospederos a Opuntia arbuscula, - - Q. versicolor y Q. fulgida; su distribución en México es Hermosillo, Son.

Chelinidea vittiger Vhler. Se alimenta del jugo plantular de diversas cactáceas; Carnegie gigantea, Echinocereus sp., Opuntia sp.; se distribuye en Piedras Negras, Coah.; Monterrey, N.L.; La Paz, B.C.S.; Alamos, Son.; Cd. Victoria, Tamps.; San Lorenzo, S.L.P. y Pedricena, Dgo.

Chelinidea canyona Hamlim. Se le halla frecuentemente en Echinocereus sp., - Opuntia inermis y en Q. stricta; se le localiza en Chihuahua, Durango y San Luis Potosí.

Chelinidea tabulata (Burmeister). Se le halla en cactáceas opuntoides y se - distribuye en Monterrey, N.L.; Cd. Victoria, Tamps.; Durango, Dgo.; Aguascalientes, Ags.; Chilpancingo, Gro.; San Luis Potosí; Cuernavaca, Mor.; San - - Juan Teotihuacán, Edo. de Méx.; Puebla; Tepepan y Tlalpan, D.F.

Chelinidea stamlesi Herning. Señala como hospedera a Q. pumica y se le en - - cuentra en Mitla y Mitepec, Oax.

Por otro lado, Ballester Olmos (1978) señala también a los siguientes artrópodos como plagas de las cactáceas:

Cochinillas o cascilla: Son cóccidos que atacan también a otras especies su - - culentas; entre las principales especies se encuentran Diaspis echinocacti -- Bouché, Aspidiotus hererae Vallot, Chionopsis evonmi Comst., Saissetia hemis-

phaerica Tag., etc.

Cochinilla algodonosa.: Se suele encontrar a Pseudococcus mammillaris Bouché o P. citri Risso.

Cochinilla algodonosa de Raíz: Se tiene a Rhizoecus cacticans Hambl., R. - - faccifer Kunck., Spilococcus cactearum Mc. Kenzie, principalmente; estas destruyen el sistema radicular.

Arañuela: Esta plaga se presenta mayormente en plantas cultivadas en inver-- naderos siendo las especies más frecuentes Tetranychus telarius L. y T. - - urticae Kock. Ataca a la epidermis produciendo manchas más o menos grandes y de apariencia cenicienta.

Mosca blanca: Se trata de insectos aceirodidos. La especie más común es - - Trialeurodes vaporarium West. Su daño lo causa al momento de la ovoposición, en el estado larval y por la segregación de una maleza que suele infectarse - con el hongo de la negrilla.

Pulgonos: Muchas especies atacan a los brotes tiernos y hojas provocando un crecimiento anormal.

Nemátodos: El más importante es Heterodera cacti Fil. Los síntomas que se -- presentan en cactus atacados por este nemátodo es la aparición de masas algo-- donosas en la parte radicular con la destrucción de las raíces. Su tamaño es microscópico y viven parasitando a la raíz de las plantas causando aparición de nudosidades en las partes atacadas.

Rosquilla negra: Es una especie de mariposilla cuyas orugas poseen un color -- gris, miden de 3 a 5 cm y se desarrollan rápidamente. Su especie es Sodoptera littoralis Boix.

Caracoles y babosas: Atacan frecuentemente a los cactus produciendo heridas -- que deforman gravemente la planta.

En cuanto a las enfermedades de los cactus, Ballester (1978) proporciona la -- siguiente lista:

Podredumbre de los semilleros: Los agentes que la causan son hongos de las si- guientes especies: Phythium barganum Hesse, P. ultimum Trow, Rhizoctonia solani Kuith y otras especies del género Phytophthora.

Podredumbre húmeda: Esta es causada por el hongo Phytophthora cactarum Schr.; -- son podredumbres del cuello y raíces.

Fusarisis: Los agentes que la causan son Fuarium oxisporum Schl., F. monilifor- me Sheld., F. cactacearum Pazin et Buz, F. cacti-maxoni Patzin et Buz, F. oxis- porum var. opuntiarum (Speg) Pet., F. solani (Mart.) Apa. et Wt., F. espi-sphaeri- ca y F. roseum Link.

Los síntomas que presentan son muy variados, en algunos casos la penetración se realiza por las raíces alcanzando los vasos de savia y produciéndose la infec-- ción de toda la planta. En otras ocasiones la infección se pone de manifiesto mediante una suave y negra putrefacción que comienza por la zona apical de las plantas.

Podredumbre del cuello: Es producida por Botrytis cinerea Pers. Produce en -- los tejidos una decoloración, haciéndose viscosa su textura. La podredumbre -- se desarrolla a través de los tejidos en dirección a la zona medular.

Helminthosporiosis: Es una de las enfermedades más peligrosas para los vive-- ros, puesto que sus efectos se dejan sentir en plantas menores de 2 años. El -- parásito que produce esta enfermedad es el Helminthosporium cactivorium Petr. -- Los síntomas se manifiestan por una coloración amarilla. La planta puede pu-- drirse en el período de una semana tomando una coloración marrón oscuro.

Bacterias: Algunas de las enfermedades que se dan en los cactus son causadas -- por bacterias. Una vez comenzado el ataque a la planta, los tejidos de ésta -- van desorganizándose por causa de la bacteria, produciéndose la pudrición del -- ejemplar.

En cuanto al control fitosanitario, este es nulo o casi nulo en la mayor par-- te de las cactáceas, ya que como se mencionó anteriormente, las investigaciones sobre estas plantas están en sus primeras etapas de desarrollo.

## II.2 ANTECEDENTES FISIOLÓGICOS DE Stenocereus griseus.

Los únicos antecedentes fisiológicos que existen sobre esta especie se han relacionado exclusivamente con la germinación y las determinaciones que se hicieron fueron las siguientes:

Williams y Arias (1978) determinaron que *S. griseus* germina en presencia de luz (no se determina la calidad, ni si en su ausencia lo hacen).

Martínez H. (1983) trabajando con esta especie concluyó lo siguiente:

- El grado mínimo y máximo de hidratación para que la semilla responda al estímulo luminoso es de 20% y de 33% respectivamente.
- El fitocromo es el fotorreceptor responsable para el disparo de la germinación de estas semillas.
- Existe un mínimo de tiempo de irradiación requerido para la respuesta, y el aumento en el tiempo de irradiación después de 30 minutos no altera el porcentaje de germinación.
- La temperatura óptima para la germinación es de 21°C.

## II.3 LUZ Y FITOCROMO.

### II.3.1. Características del fitocromo.

La luz es un importante factor ambiental que controla el crecimiento y desarrollo de las plantas en muy diferentes aspectos tales como: fotosíntesis, germinación, floración, etc. (Mohr H., 1974). En gran medida controla la apariencia de la planta, esto es, el desarrollo o morfogénesis. El control de la morfogénesis por la luz es conocido como "fotomorfogénesis". (Salisbury, 1978).

El fotorreceptor que de alguna manera interviene en la promoción de todas estas respuestas fotomorfogénicas, ha sido llamado fitocromo (Pr forma inactiva y Pfr forma activa). (Kriedemann E., 1981).

El fitocromo es una cromoproteína cuyo cromóforo es un tetrapirrol con estructura similar a las ficobilinas (moléculas que actúan como pigmentos accesorios para la fotosíntesis en algas rojas y verde-azules) (Salisbury, 1978). Está constituido por dos monómeros y cada uno contiene un  $PO_4^3$ ; su porcentaje de carbohidratos es muy bajo por lo que no puede decirse que se trate de una glucoproteína (Pratt, 1982)

El espectro de absorción de moléculas de fitocromo altamente purificadas - presenta su máxima absorción en el rojo a 667 nm (Pr) y rojo lejano a 730 nm (Pfr) (Galston, W., 1981). Estas diferencias se deben a las distintas estructuras que presenta el cromóforo tetrapirrol en el Pfr y el Pr, como se muestra en la figura 9. (Salisbury, 1978).

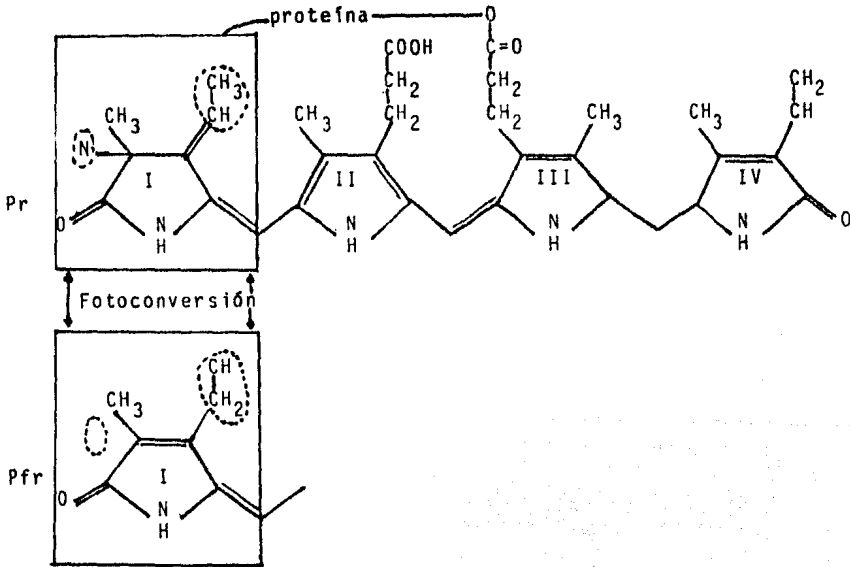


Fig. 9. Estructura propuesta para el cromóforo tetrapirrol de Pr y Pfr. Las diferencias entre ambos se pueden apreciar en los círculos punteados, estos cambios ocasionan la diferencia en la absorción de la luz.

En algunas especies se ha observado que cierta cantidad de Pfr desaparece -- gradualmente en oscuridad. Dos procesos parecen explicar esto. El primero se refiere aparentemente a una destrucción o un cambio conformacional de la -- proteína que no le permita funcionar, que podría implicar: a) hidrólisis por una proteasa o b) desnaturalización. Lo anterior se basa en el hecho de que



después de un intervalo de tiempo en oscuridad ya no es posible una transformación completa de Pfr a Pr mediante una exposición con rojo lejano, detectándose entonces una cantidad menor de fitocromo. (Milthorpe and Moorby, 1974).

El segundo proceso es aparentemente una reversión oscura de Pfr a Pr, reversión cuya velocidad es distinta según la especie (Milthorpe and Moorby, 1974).

La destrucción bajo la forma Pfr así como la reversión "oscura" de Pfr hacia Pr también ocurren en presencia de luz, pero no son causadas directamente por esta (Salisbury, 1978).

Lo anterior se presenta esquemáticamente en la figura 10, en donde se aprecia que, la síntesis del fitocromo es bajo la forma Pr, misma que al ser puesta en contacto con luz roja se transforma a su conformación Pfr, fisiológicamente activa. A partir de esta forma Pfr el fitocromo puede ser destruido, o bien entrar en una reversión oscura hacia Pr o transformarse vía irradiación rojo lejano.

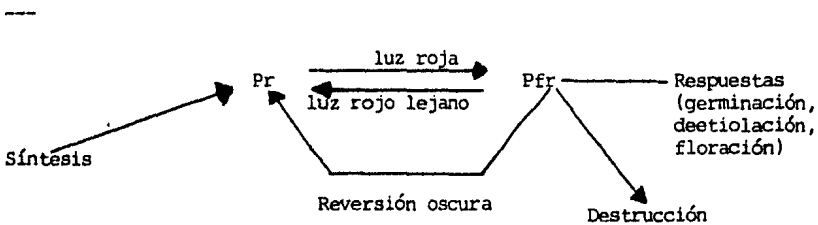


Fig. 10. Esquematación de las transformaciones del fitocromo.

En cuanto a su localización en la planta, se ha observado que el fitocromo está presente en la mayor parte de los órganos de todas las plantas investigadas, - incluyendo las raíces (Salisbury, 1978).

Por otro lado, recientemente se han utilizado técnicas inmunológicas para determinar la localización subcelular del fitocromo en tallos de avena y arroz etiolados, y se ha encontrado que el fitocromo está distribuido generalmente en el citoplasma en su estado inactivo y en las membranas en su estado activo (Galston, A. 1968)

Stephen y colaboradores (1981) encontraron que las concentraciones relativas en tejido vascular, mesófilo y tejido epidermal se aproximaron a una relación 7:3:1 respectivamente. Del total de fitocromo, cerca del 75% estuvo en el mesófilo, con el remanente repartido equitativamente entre los tejidos vascular y epidermal (tabla 1).

Tejido	Concentraciones Relativas	Volumen relativo de tejido (%)	Distribución relativa (%)
	(A730-A660)10 <sup>-5</sup>		
Epidermal	18	29	12
Vascular	126	4	12
Mesófilo	49	67*	76

Tabla 1. Distribución de la concentración de fitocromo en tejidos de hojas -- primarias de cebada de 6 días de edad, crecidas en oscuridad tratadas con norflurazon.

\*Incluyó espacio intercelular

Algunos otros experimentos fisiológicos sugieren que el fitocromo puede tener muchas localizaciones subcelulares diferentes de acuerdo a sus numerosas funciones fisiológicas. Este está aparentemente dentro de los etioplastos o las mitocondrias, o bien en sus membranas externas, después de que los organelos aislados son tratados con luz roja y rojo lejano (Galston, A. 1968).

Cabe mencionar los siguientes aspectos relevantes del fitocromo:

- a) La fototransformación en su forma más simple, como Pr a Pfr, puede alcanzar un estado estacionario que consiste en un 81% de Pfr y un 19% de Pr (Stephen et. al., 1981).
- b) La irradiación con luz roja convierte Pr a Pfr (Salisbury, 1978).
- c) La conformación Pfr es biológicamente activa, y al parecer induce o reprime a cierto tipo de genes (Galston, A. and Y. Dai, 1981).
- d) El fitocromo sólo se biosintetiza después de la destrucción del existente, quizá porque se alcance una concentración mínima en el tejido, concentración que desencadena un nuevo ciclo biosintético (Milthorpe and Moorby, 1974).

### III.3.2. Etiolación y Deetiolación.

La importancia de la luz en las respuestas fotomorfogénicas puede ser establecida comparando plántulas desarrolladas en oscuridad (etioldadas) con otras que se desarrollan en la luz (deetioldadas) (Mohr, H. 1974).

Si la luz es excluída como factor que determina el desarrollo desde las etapas más tempranas, éste sigue una notoria ruta diferente conocida como etiología. La etiología versus fotomorfogénesis, es una adaptación de las - -

plantas a la existencia en la oscuridad y pueden resultar dos estrategias diferentes de desarrollo en el fundamento de la misma información genética (Mohr, H. 1974). Naturalmente, la luz no lleva alguna información específica, pero es un factor electivo el cual influye profundamente en el grado de expresión del genoma y consecuentemente en el control del desarrollo de un organismo -- particular.

Salisbury (1978), afirma que las diferencias entre una planta etiolada y una deetioloada radican en:

- a) La síntesis de clorofilas.
- b) La expansión foliar.
- c) La elongación del tallo.
- d) El desarrollo de las raíces.

Todas estas diferencias parecen estar relacionadas con la necesidad de las -- plántulas para alargar sus tallos a través del suelo para que sus hojas alcancen la luz. La mayor parte de las reservas alimenticias en el endospermo -- (monocotiledoneas) o cotiledones (dicotiledoneas) son aparentemente usadas -- para extender sus tallos hacia la superficie (para la mayoría de las plantas -- que crecen en oscuridad), mientras que menos alimento es utilizado para el -- desarrollo de hojas y raíces y para la formación de clorofilas en oscuridad. (Salisbury, 1978).

Se ha visto que en general, las plantas etioladas presentan altas concentra-- ciones de fitocromo en zonas meristemáticas así como un rápido crecimiento, promovido por las altas temperaturas, humedad y oscuridad.

Se ha considerado que el proceso de enverdecimiento de las plantulas etioladas bajo luz blanca continua (deetiología) ocurre en tres etapas (Gassman y - Bugarad, 1967):

1. Fotoconversiones de protoclorofila "a" acumulada a clorofila "a".
2. Fase lenta durante la cual puede o no haber pequeñas acumulaciones de pigmentos adicionales. Es necesario destacar que esta fase es más larga que la primera.
3. Período de rápida síntesis de clorofilas, que continúa hasta que el contenido de los pigmentos se aproxima al de una hoja verde normal.

V.K. Rajasekhar y col. (1981), encontraron que el fitocromo elimina la segunda fase en las plantas expuestas a luz blanca, es decir, que la fase de síntesis de clorofilas se alcanza más rápidamente cuando se activa el fitocromo.

Mededelinge (1976), encontró que la mayor parte de los tejidos de las plantas etioladas crecen lentamente o aparecen incompletos. En plantas de cebada que crecieron bajo condiciones de luz, las estructuras conocidas como esquinas o cordoncillos están presentes en los tallos, en las etioladas muchas veces no se presentan; los conductos vasculares se desarrollan menos y las células de la corteza son más largas, con espacios intercelulares pequeños y paredes celulares delgadas. Los entrenudos inferiores del tallo de plantas crecidas en oscuridad son muchas veces más largos que aquellos de plantas crecidas en luz. El tejido del mesófilo de las hojas en particular fue reducido, la diferenciación en el parénquima de empalizada y esponjoso es malo, y las cavidades intercelulares no existen. Los pecíolos en --

ambio responden muchas veces de la misma manera que los tallos.

M. Dougal (1976) (citado por Mededelinge), encontró que en las hojas de monocotiledóneas con venación abierta o reticulada, la diferencia observada fué con respecto al desarrollo de la lámina, mientras que en dicotiledóneas, la lámina de las hojas siempre fue pequeña bajo condiciones de oscuridad. Las excepciones fueron Brassica campestris, L. con hojas estrechas de 9 cm. de longitud; - Taraxacum sp. con hojas muy angostas y elongamiento de los pecíolos, menciona además que según Sachis (1863) especies de Rheum, Rumex y Beta vulgaris, también pertenecen a estas excepciones; Rheum y Rumex y en menor grado Beta, presentaron un crecimiento más rápido en las venas que en las partes del mesófilo de las hojas; en algunos casos el mesófilo entre las venas se separó.

Establece también que en oscuridad la plúmula de Aesculus hippocastanum L. estuvo separada de los cotiledones, y que el efecto posterior no sólo fue en las primeras hojas sino en todas las subsecuentes (4 pares) desarrolladas en un mes.

Funke (1944) (citado por Mededelinge) realizó también este experimento y encontró que tres días de luz fueron suficientes para que se produjera este efecto. Supuso que las diferencias en el crecimiento foliar en la oscuridad entre especies estaban relacionados con el patrón de crecimiento de las mismas. El crecimiento puede no ser afectado en oscuridad si las hojas, durante gran parte de su crecimiento, están cubiertas por "escamas de yemas o por envolturas foliares".

En las especies con crecimiento foliar libre, este puede ser inhibido mediante oscuridad continua.

Salisbury (1978), menciona que algunos efectos de la luz sobre plántulas etioladas de mostaza blanca son, entre otros:

- Inhibición del alargamiento del hipocotilo.
- Ensanchamiento de cotiledones.
- Formación de primordios foliares.
- Desarrollo de hojas primarias.
- Síntesis de antocianinas.
- Inhibición de translocación en los cotiledones.
- Incremento en el promedio de acumulación de clorofila en luz blanca.
- Desenvolvimiento de la lámina de los cotiledones.
- Cambios en la tasa de respiración celular.
- Eliminación del retraso en la formación de clorofila.
- Incremento en la síntesis de ácido ascórbico.
- Incremento en la síntesis de proteínas.

### II.3.3. Participación de las giberelinas en el desarrollo de plántulas etioladas y deetioladas y su regulación por el fitocromo.

Durante el desenrollamiento de hojas etioladas de trigo y cebada ocurre una -- respuesta rápida del Pfr. El ácido giberélico (GA) es tan efectivo como la -- luz roja en la promoción del desenrollamiento, pero sus efectos se detectan -- después de varias horas (Salisbury, 1978). La hipótesis de que el Pfr actúa -- como promotor de la síntesis de giberelinas fue probada por la medición de las cantidades de estas fitohormonas en secciones de hojas guardadas en oscuridad o tratadas con luz roja. Diferentes reportes mencionan que la reversibilidad en la promoción de los niveles de giberelinas por luz rojo lejano no puede -- ser observada dentro de los 10 minutos siguientes a la irradiación con luz -- roja (Evans, 1976). Estos procesos ocurren casi totalmente en los etioplas-

tos y se pueden presentar aún después de que éstos son removidos de las células (Salisbury, 1978).

Cooke y Kendrick (1976) concluyen que:

- a) El fitocromo existe probablemente en las membranas de los etioplastos (y por lo tanto probablemente también en las de los cloroplastos maduros).
- b) El Pfr promueve la liberación de giberelinas.

También mencionan que como las giberelinas rompen la fotolatenia de las semillas, el Pfr puede promover la germinación por aumento en los niveles de giberelinas debidos ya sea a su producción o a su liberación de los sitios en donde se encuentran compartamentalizadas que posiblemente sean los protoplastidios radiculares.

Por otro lado, existen evidencias de que el Pfr inhibe la síntesis de giberelinas en todas las plántulas de Phaseolus coccineus, en las que la elongación del tallo es inhibida por la luz (Bown, 1975).

#### II.3.4. Participación de otras sustancias.

La luz puede promover la formación de un inhibidor del crecimiento como lo es el ácido abscísico o estimular la destrucción de un promotor, probablemente una giberelina (referida a la inhibición de la elongación del tallo) (Salisbury, 1978).

El retardo en la elongación del tallo de plántulas de chícharo parece ser resultado del incremento en la síntesis de un potente inhibidor similar en acción al ácido abscísico llamado "xantoninas". Estas existen en las plantas en



dos configuraciones espaciales, la "trans-trans" y la "cis-trans", éste último el inhibidor más potente. Las xantoninas son sintetizadas a partir de la degradación de un pigmento xantofílico llamado violaxantina (Wain, 1975).

Las plántulas etioladas de chícharo expuestas a un minuto de luz roja cada 30 minutos, la inhibición del crecimiento va acompañada por un aumento en la cantidad de violaxantina y otros carotenoides y de ambos isómeros de xantoninas. El aumento de carotenoides puede ser resultado del estímulo en la transformación de etioplastos a cloroplastos, debido al Pfr, y las xantoninas provienen entonces de una degradación adicional de violaxantinas.

Estos efectos pueden ser lo bastante rápidos como para explicar la inhibición del crecimiento por la luz roja en tallos etiolados (Anstis, et.al., 1975).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### III.1 ADAPTACION DE INSTRUMENTOS.

Para la realización de esta investigación se utilizaron las secciones adaptadas para el desarrollo del trabajo de tesis de licenciatura de la Biol. Elva - Martínez Holguín, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Carrera de - - Ingeniero Agrícola en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. - - Las características de tales secciones se resumen a continuación.

##### III.1.1. Sección de manipuleo y conteo.

Esta sección se instaló en una campana de extracción. El interior fué pintado de color negro mate con el objeto de eliminar la mayor cantidad de luz, además que sus paredes fueron forradas con papel celofán verde con lo que se aseguró un bajo porcentaje de transmitancia (Martínez H., 1983).

La fuente de luz de la campana, que está localizada a un metro de altura - - aproximadamente de la mesa de trabajo, consta de dos lámparas fluorescentes - marca Phillips, luz de día, T120w T38(T12)/54, con un ángulo de inclinación -- de aproximadamente  $30^{\circ}$ , por lo cual la luz no incide directamente sobre la mesa de trabajo. Esta fuente de luz fué cubierta con una capa doble de papel - celofán verde (fig. 11). El espectro de transmisión para el papel celofán -- utilizado en esta sección se muestra en la figura 12 y fué determinado por -- Martínez H. (1983) de acuerdo a la técnica descrita por Ross (1974) utilizando un espectrofotómetro marca "Spectronic 20".

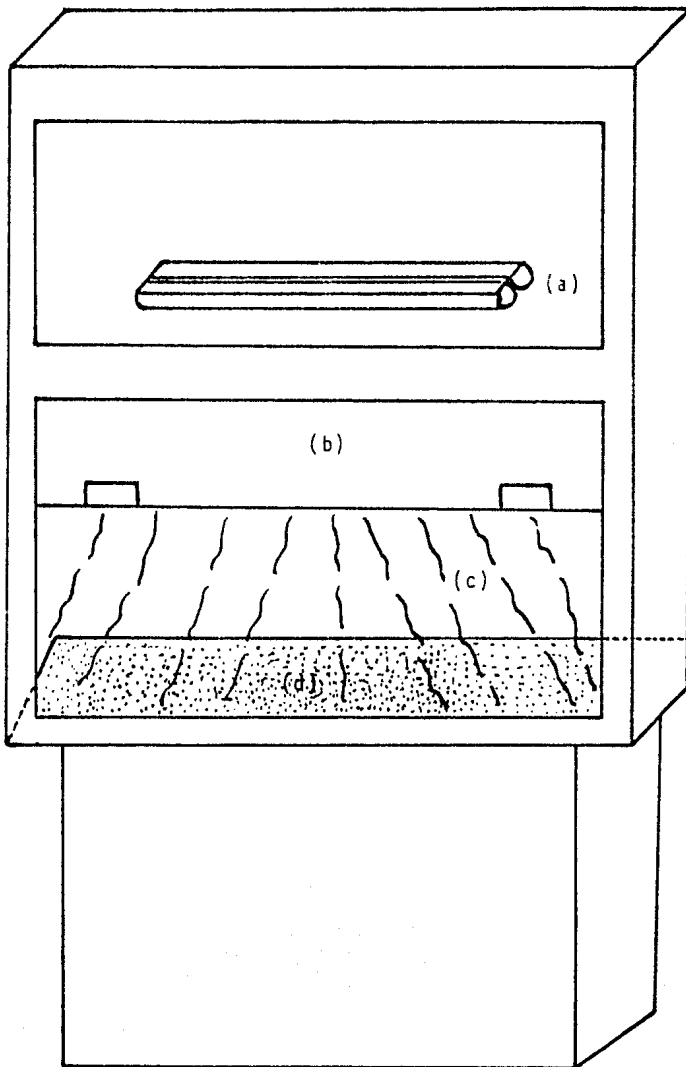


Fig. 11 Sección de manipuleo y conteo. a) Fuente de luz; b) Ventana forrada con papel aluminio; c) Cortina de papel celofán verde; d) Mesa de trabajo.

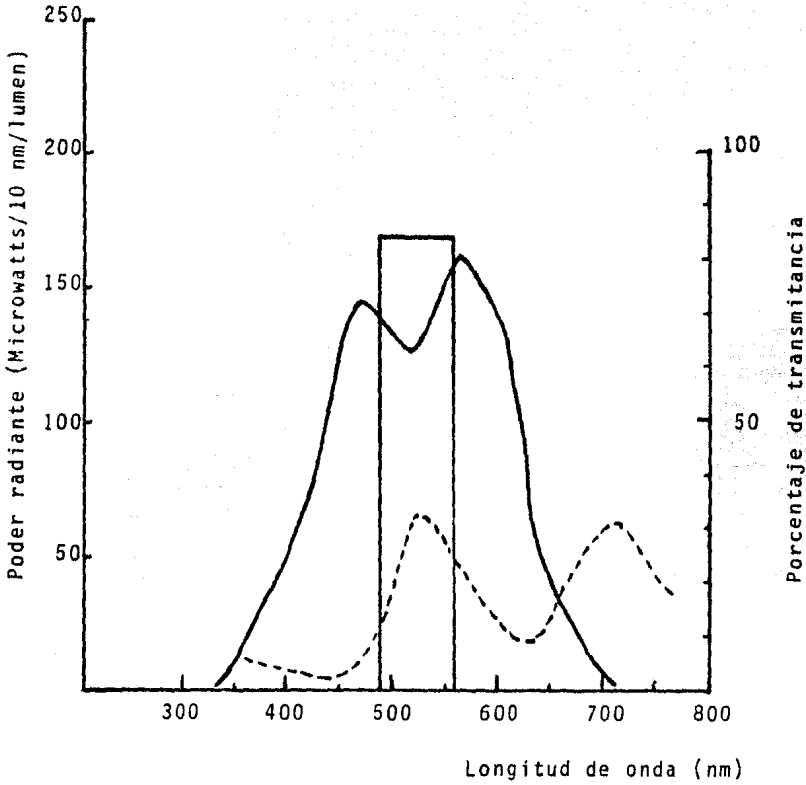


Fig. 12. Características de las lámparas y filtro utilizados para la sección de manipuleo y conteo.

Poder radiante vs. longitud de onda para una lámpara fluorescente acabado luz de día.

Porcentaje de transmitancia para el papel celofán comercial - verde utilizado como filtro. Región del verde (490-560 nm)

-----

Se instaló una cortina de papel celofán verde con la finalidad de evitar la --  
 entrada de luz, y la ventana de la campana fué cubierta con papel aluminio, --  
 así como todos los orificios de la misma.

### III.1.2. Sección de imbibición.

Esta sección consta de un cristizador (forrado con papel aluminio) con agua - destilada, colocado dentro de una estufa marca "Riosa" (SIC-DGE 9673) cuya temperatura se regula de acuerdo a las necesidades del experimento.

### III.1.3. Sección de irradiación.

Martínez H. (1983) menciona que en trabajos de investigación en donde se requirieran determinadas calidades de luz (generalmente rojo y rojo lejano), se recomienda el uso de lámparas o bien filtros que son de difícil obtención en nuestro país. Algunos autores utilizan materiales más accesibles (Barthelemy et al. 1975; Taylorson and Hendricks, 1972; Tanada, 1972; Rickert, 1971), tales como -- lámparas fluorescentes, incandescentes y papel celofán comercial, obteniéndose con estos artículos resultados adecuados.

El aparato utilizado como sección de irradiación, es el mismo empleado por -- Martínez H. (1983) (fig. 13) quien menciona que esta sección se introdujo en -- una campana de extracción a la que se cubrió la ventana con papel aluminio y -- que se cerraba en el momento de irradiar.

La calidad de luz utilizada fué la siguiente:

a) Rojo: Se logró colocando dos lámparas fluorescentes de 20 vatios, marca -- "Solar" 20w/T38/BC/AP (precalentamiento 20) acabado blanco cálido y un filtro de dos capas de papel celofán rojo (fig. 14). La fuente de luz en este caso se colocó a 35 cm. del material a irradiar (Martínez H., 1983).

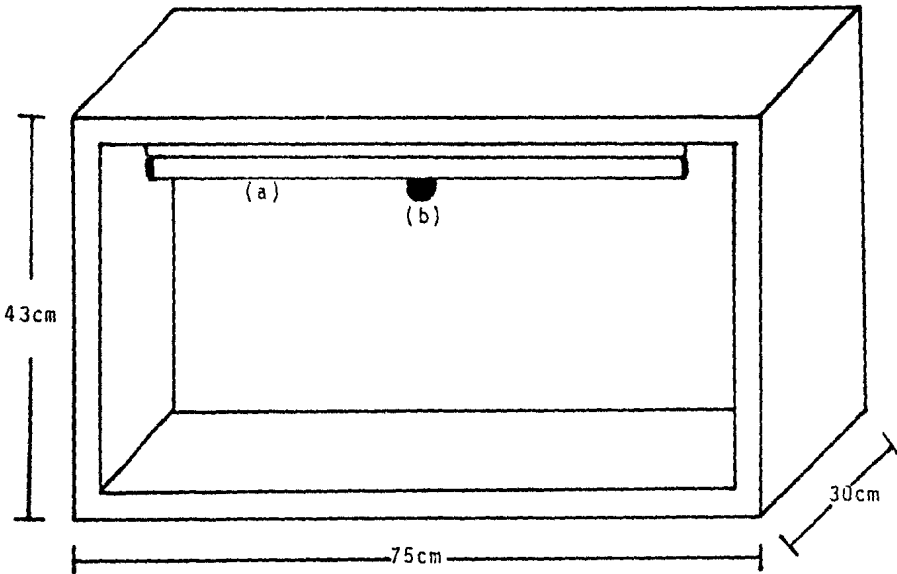


Fig. 13 Sección de Irradiación. a) Lámparas fluorescentes de 20 vatios;  
b) Lámpara incandescente de 60 vatios.

b) Rojo Lejano: Esta calidad de luz se obtuvo instalando una bombilla incandescente de 125 vatios, marca "Phillips" 100w refrigerador y un filtro de dos capas de papel celofán rojo y dos de papel celofán azul, colocando entre la fuente de luz y el filtro un cristalizador con agua destilada. La distancia entre la fuente de luz y el material a irradiar fue en este caso de 20 cm.

(fig. 15)

c) Luz de día: Fueron empleadas dos lámparas fluorescentes marca "Phillips"

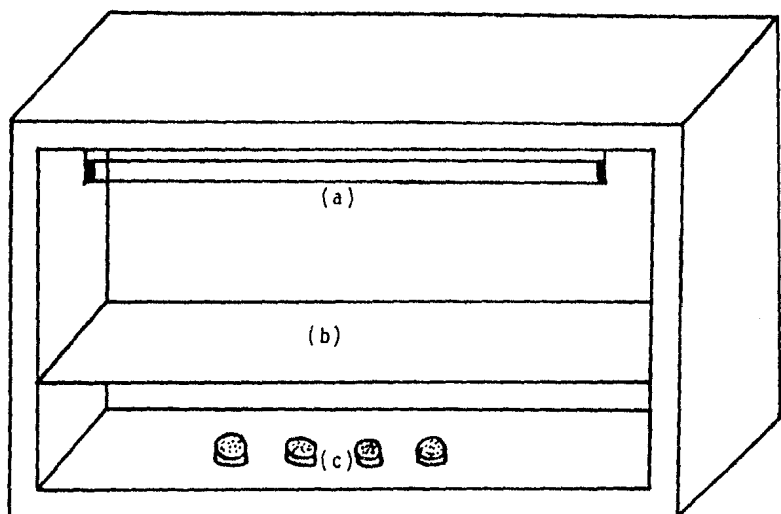


Fig. 14. Sección de irradiación para rojo: a) Lámpara fluorescente, acabado blanco cálido; b) Filtro de papel celofán rojo; c) Material en - - irradiación.

TL20w/T38(T12)/54 acabado luz de día y una bombilla incandescente marca "General Electric" de 60 vatios (fig. 16). Esta sección se estableció en una - - campana de extracción con ventana no cubierta. La distancia entre la fuente de luz fluorescente y el material a irradiar fue de aproximadamente un metro, no así para la fuente de luz incandescente cuya distancia aproximada fué de - 50 cm.

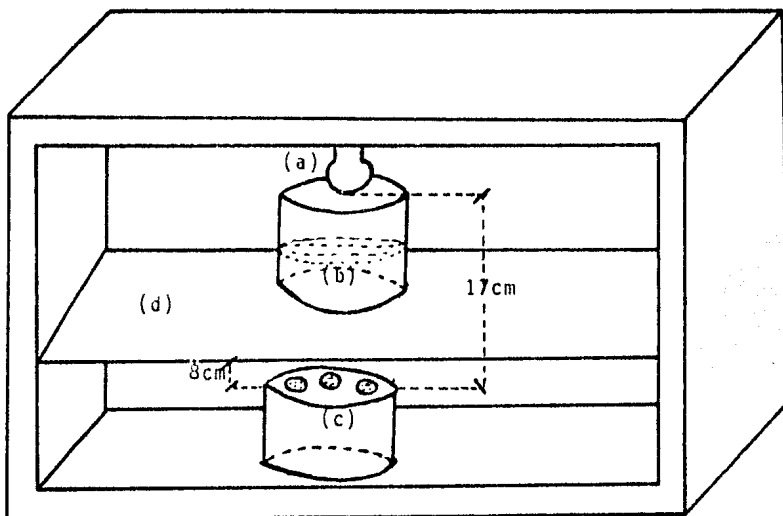


Fig. 15. Sección de irradiación para rojo lejano: a) Lámpara incandescente - de 60 vatios; b) Cristalizador con 4 cm. de agua destilada; c) Material en irradiación; d) Filtro con dos capas de papel celofán rojo y dos capas de papel celofán azul.

---

#### III.1.4. Sección de Incubación.

Para esta sección se utilizaron una estufa marca "RIOSA" así como una germinadora marca "BURROWS" (Burrows Master Germinator), en las que la temperatura -- fué regulada de acuerdo a las necesidades de la investigación.



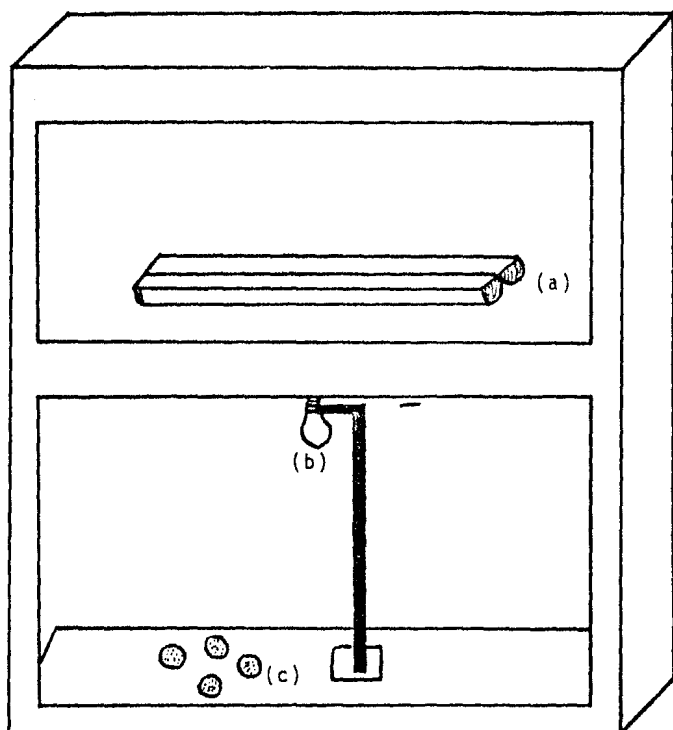


Fig. 16. Sección de Irradiación para Luz de Día: a) Lámpara fluorescente -- acabado luz de día; b) Lámpara incandescente de 60 vatios; c) Material en irradiación.

---

### III.1.5. Sección de análisis de clorofilas.

Esta sección consta de un espectrofotómetro marca "Spectronic", 2 probetas de 50 ml., una gradilla, tubos de ensayo, un matraz aforado de 1000 ml., agitador, mortero, balanza analítica, pipeta, navaja de disección, papel filtro, -

gasa, agua destilada y acetona con una pureza del 80%.

### III.2 OBTENCION DE LA SEMILLA.

Las semillas de S. griseus fueron obtenidas a partir de frutos maduros de la cosecha 1982 (realizada en el mes de mayo del año mencionado) de huertos familiares localizados en la región de Trinidad de Oaxtepec, Municipio de Chazumba, Estado de Oaxaca, por Martínez II.

La extracción de la semilla se realizó siguiendo la técnica descrita por Williams y Arias (1978) que consiste en la separación de la semilla de la pulpa por medio de lavados continuos con agua corriente, enjuagando posteriormente la semilla con agua destilada y dejándolas secar a temperatura ambiente.

Una vez seca la semilla, se almacena en bolsas de papel cubiertas con plástico en lugares secos a temperatura ambiente.

### III.3 METODOS.

La deetiología de individuos de S. griseus se analizó posteriormente a la germinación de la semilla, después de haber determinado:

- a) Edad óptima para la exposición a luz roja y
  - b) Tiempo óptimo de irradiación con luz roja,
- considerando los siguientes parámetros fisiotécnicos:

- a) Concentración de clorofilas en plántulas y
- b) Longitud de plántulas y diámetro de las mismas.

### III.3.1. Germinación.

Debido a que la semilla es muy pequeña, la manipulación de ésta en lotes de -- 100 semillas es muy complicada, por lo que se procedió a colocar cada lote en bolsitas hechas de gasa, facilitando con esto su manejo.

El método utilizado para lograr la máxima germinación fué el recomendado por Martínez H. (1983), el cual se resume a continuación:

- a) Se hidrata la semilla con un mínimo de 20% en relación con su peso seco, lo que se logra con dos horas de imbibición en agua destilada, a una temperatura de 25°C. Esto se lleva a cabo en la sección de imbibición.
- b) Una vez transcurrido el tiempo de imbibición, se trasladan los lotes a la sección de manipuleo y conteo para colocarlos sobre vermiculita en cajas de petri de 5 cm. de diámetro, forradas con papel aluminio. Cabe señalar que la variante con referencia al método recomendado, es la germinación -- en materia inerte.
- c) Una vez que se tienen todos los lotes preparados, se les lleva a la sección de irradiación en donde se irradian con luz roja durante 30 minutos, para - activar el fitocromo y con ello se dispare la germinación.
- d) Transcurrido el tiempo de irradiación, los lotes son llevados a la sec- - ción de incubación y sometidos a una temperatura de 21°C.

e) Se considera como semilla germinada aquella que tenga emergida la radícula.

f) Las semillas germinadas se traspasan a cajas de petri más grandes ( 9 cm. -- de diámetro) para formar nuevos lotes, en este caso ya de plántulas, colocando 100 ejemplares en cada caja.

El método de análisis de resultados empleado para este aspecto fisiotécnico -- consistió sólo en obtener el porcentaje de germinación y compararlo tomando -- como parámetro el obtenido por Martínez H. (1983) y en base a ello hacer las -- inferencias.

### III.3.2. Determinación de la edad óptima para la exposición a luz roja.

Debido a que para la determinación de este parámetro (y más específicamente -- en plantas CAM) no se encontró antecedente alguno, se recurrió a reportes de -- trabajos que involucraban la acción del fitocromo sobre plántulas etioladas, encontrándose que la mayoría de los autores (Dei y Tsuji, 1978; Yamamoto y -- Smith, 1981; Shimazaki et. al., 1981; Hayakawa, 1981; Cedel y Roux, 1980; -- Galston y Dai, 1981, entre otros) trabajaron con plántulas etioladas cuyo rango de edad oscilaba entre las 36 horas y los 7 días.

Bajo este criterio se elaboró un modelo experimental con una distribución de -- los tratamientos de "Bloques al Azar", los que se pueden observar en la tabla 2. Cabe mencionar que cada bloque estuvo compuesto de 100 plántulas, de las -- cuales sólo 10 fueron objeto de análisis.

La determinación de la edad óptima para la exposición a luz roja se realizó -- considerando los siguientes parámetros fisiotécnicos:

Tratamientos	Edad de las plántulas (días)	Tiempo de irradiación (hs)
A	1	24
B	2	24
C	3	24
D	4	24
E	5	24

Tabla 2. Tratamientos establecidos para determinar la edad óptima para la exposición a luz roja.

- Longitud de las plántulas
- Diámetro de las plántulas
- Observación periódica de cada uno de los tratamientos establecidos.

Es importante aclarar que el tiempo de irradiación con luz roja para lograr la deetiología se estandarizó a 24 horas, ya que pruebas preliminares indicaron que con menos tiempo no se obtenían resultados satisfactorios.

Las condiciones ambientales bajo las que se mantuvieron las plántulas fueron - oscuridad total y temperatura de 21°C, utilizando para tal fin la sección de - incubación.

### III.3.3. Determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

De acuerdo con los reportes de Mededelingen (1976), Salisbury (1978), Cedel y Roux (1980), Buchanan (1980), Yamamoto (1981), entre otros autores, sobre la deetiología con luz roja en plantas de maíz, trigo, avena y algunas hortalizas, el tiempo de irradiación que utilizan oscila entre los 30 minutos y las 2 horas. Empleando este rango de tiempo para S. griseus en una prueba preliminar, no se obtuvieron resultados favorables.

En base a lo anterior se decidió variar el tiempo de irradiación desde 2 hasta 45 horas, estableciéndose además un tratamiento de irradiación continua -- con luz roja, otro bajo irradiación continua con luz de día y un tratamiento en oscuridad. Este último utilizado como testigo en esta determinación. Los tratamientos establecidos se desglosan en la tabla 3.

Es importante señalar que la edad de las plántulas irradiadas era de 3 días.

El modelo experimental utilizado fué una distribución de bloques al azar, cada bloque con 100 plántulas de las que sólo 10 fueron objeto de medición de longitud y diámetro.

### III.3.4. Prueba con luz rojo lejano.

La luz rojo lejano transforma la conformación activa del fitocromo (Pfr) a su conformación biológicamente inactiva (Pr) y como consecuencia los procesos en los cuales el fitocromo tiene alguna participación (germinación, deetiología, floración) no se presentan.

Tratamientos	Tiempo de irradiación (horas)
A	2
B	3
C	5
D	6
E	7
F	8
G	15
H	18
I	20
J	25
K	30
L	45
M	Continuo
N	Luz de Día
O	Oscuridad

Tabla 3. Tratamientos establecidos para determinar el tiempo óptimo de irradiación con luz roja en plántulas de *S. griseus* de 3 días de emergencia.

El objetivo de esta prueba es comprobar la participación del fitocromo en la deetiología de esta especie y está fundamentada en la idea anterior.

El modelo experimental empleado, al igual que en los casos anteriores, fue una

distribución de bloques al azar, cada bloque con 100 plántulas.

En cuanto a los tratamientos, estos fueron también muy similares a los establecidos en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja y se especifican en la tabla 4.

Tratamientos	Tiempo de irradiación (horas)
A	2
B	3
C	5
D	6
E	7
F	8
G	15
H	18
I	20
J	25
K	30
L	45
M	Continuo
N	Oscuridad

Tabla 4. Tratamientos establecidos para la realización de la prueba con luz rojo lejano en plántulas de *S. griseus* de 3 días de emergidas.

### III.3.5. Cuantificación de la concentración de clorofilas.

La técnica empleada para este análisis es la que se desarrolla actualmente en el laboratorio de Fisiología Vegetal para la práctica denominada "Diferenciación Fotosintética en plantas Superiores", debido a que la infraestructura --



con que cuenta el laboratorio es insuficiente para realizar pruebas más sofisticadas.

La técnica es como sigue:

- Se pesan 0.5 g. de material vegetativo.
- Se maceran en el mortero con 5 ml. de acetona al 80%.
- Se filtra la solución utilizando la gasa y se vuelven a macerar los restos de tejido con otros 5 ml. de acetona. Se repite este procedimiento hasta que los tejidos no tengan clorofila, utilizando cada vez 5 ml. de acetona. El último filtrado se hace con papel filtro.
- Se ajusta, con acetona al 80%, a un volumen de 50 ml.
- Se lee en el espectrofotómetro, utilizando como blanco agua destilada para lograr el ajuste.
- Se lee la absorvencia de la solución filtrada a 649 nm (longitud de onda de absorción de la clorofila 'b') y a 665 nm (longitud de onda de absorción de la clorofila 'a').
- Se calcula la cantidad de clorofila presente en el extracto utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila a} = (11.63 \times A_{665}) - (2.39 \times A_{649}) \dots \text{g/ml}$$

$$\text{Clorofila b} = (20.11 \times A_{649}) - (5.18 \times A_{665}) \dots \text{g/ml}$$

$$\text{Clorofila a} = (11.63 \times A_{665}) - (2.39 \times A_{649}) \text{ 100 g/gpf*}$$

$$\text{Clorofila b} = (20.11 \times A_{649}) - (5.18 \times A_{665}) \text{ 100 g/gpf*}$$

\* gramos de peso fresco.

### III.3.6. Análisis estadístico.

Para este análisis se emplearon dos métodos: el método de Student y el de -- Análisis de Varianza (ANOVA).

El primero se utilizó con el objeto de proporcionar los datos suficientes -- para representar gráficamente los resultados obtenidos; el segundo para de-- terminar si las diferencias encontradas entre tratamientos son estadística-- mente significativas.

Para la comparación de medias se utilizó el método de la diferencia mínima significativa (D.M.S.) y es por éste que se logró obtener los elementos de -- análisis que permitieron hacer las inferencias y conclusiones finales.

Aunado a lo anterior, se realizaron análisis de correlación entre todos los -- parámetros fisiotécnicos, lo que esclareció aún más la interpretación de los resultados.

#### IV. RESULTADOS .

Cabe aclarar que todas las tablas de resultados que se vayan mencionando de aquí en adelante aparecen en el apéndice.

##### IV.1 GERMINACION.

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 1 y se muestran gráficamente en la figura 17; además se mencionan los resultados obtenidos por Martínez H. (1983) que servirán como punto de comparación para realizar una evaluación más (tabla 2; figura 18).

Martínez, H. (1983) obtuvo un máximo porcentaje de germinación de 77.7% con un intervalo de confianza que abarca de 72 a 83.4%, proporcionándole a las semillas de esta especie las condiciones ambientales ya descritas con anterioridad; mientras que para la presente investigación se alcanzó un porcentaje máximo de 74.4% con un rango de 72.3 a 76.77% teniendo como única variable el uso de vermiculita como sustrato, ya que originalmente las condiciones óptimas para la germinación fueron determinadas utilizando cajas de Petri con papel filtro.

Por otro lado, Martínez H. (1983) obtiene al tercer día de incubación un porcentaje de germinación de 39% y sólo un 15.3% más al cuarto día, alcanzando el máximo a los siete días; mientras que para ésta se obtiene 41.4% de germinación al tercer día y 33% más al cuarto día, alcanzándose el porcentaje máximo durante este período.

Nótese que los resultados obtenidos son muy similares a los de referencia, in--

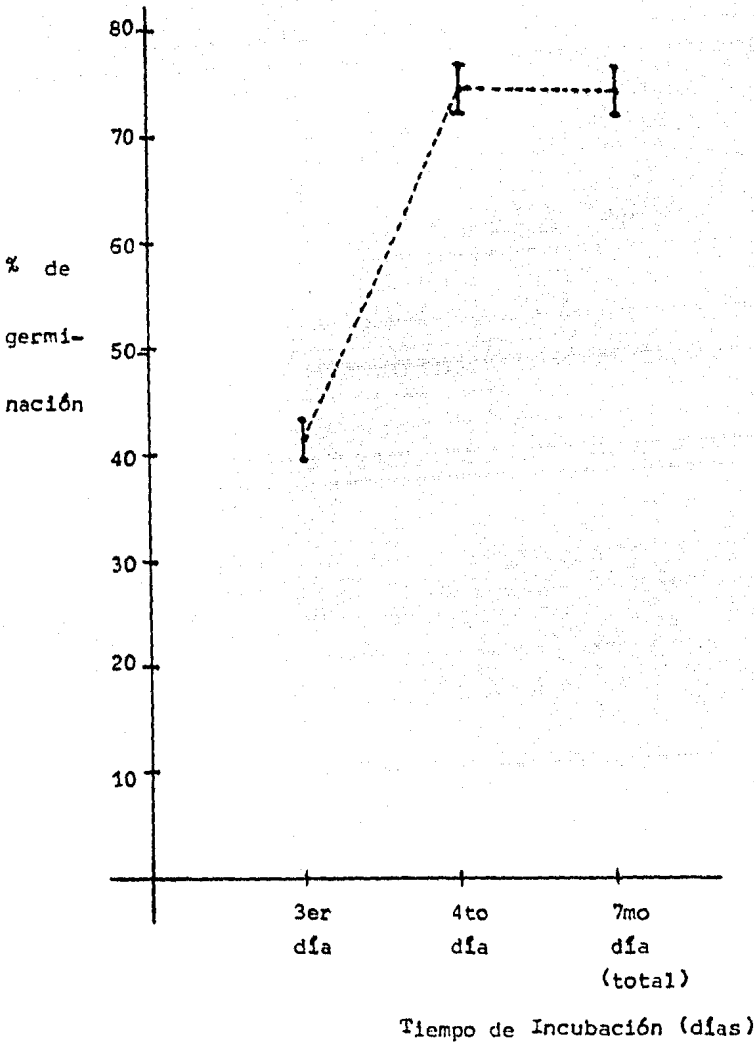


Fig. 17. Porcentaje de germinación vs. tiempo de incubación en semillas de *S. griseus* hidratadas en un 20% de su peso, irradiadas con luz roja durante 30 minutos e incubadas en oscuridad a 21°C. Las rayas verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

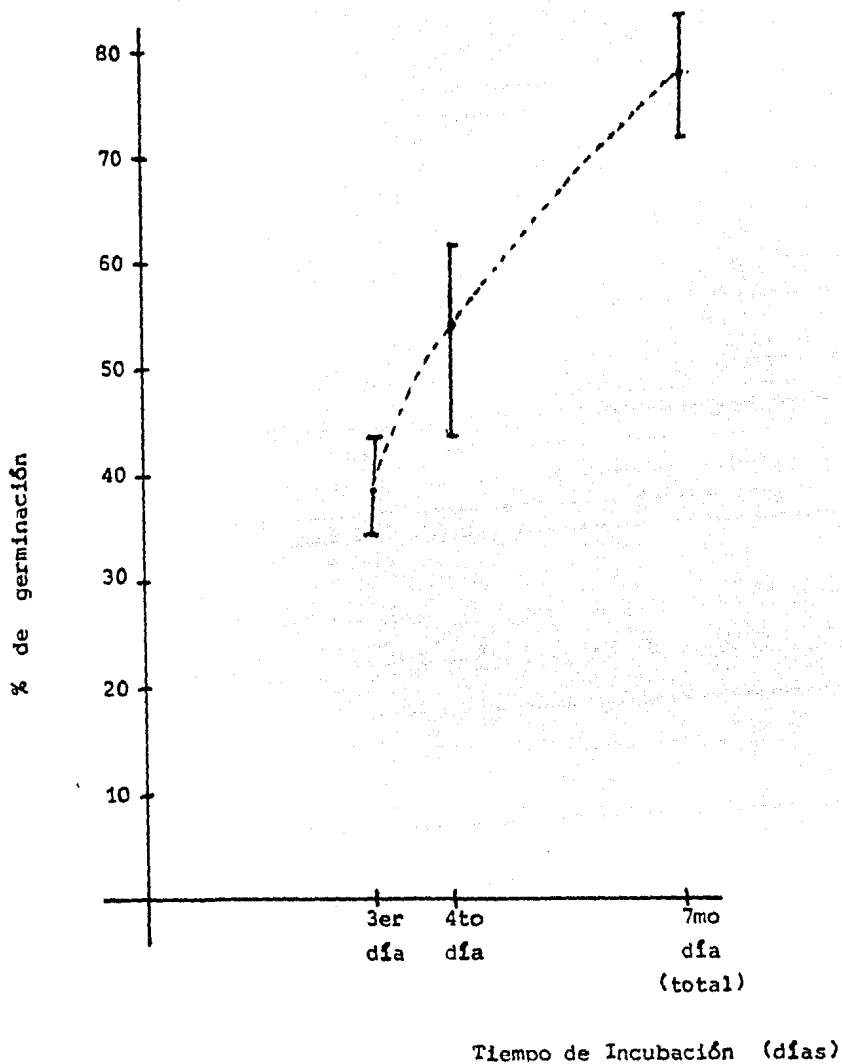


Fig. 18. Porcentaje de germinación vs. tiempo de incubación en semillas de *S. griseus* hidratadas en un 20% de su peso, irradiadas con luz roja durante 30 minutos e incubadas en oscuridad a 21°C. Las rayas verticales indican el intervalo de confianza al 95%. (Datos obtenidos por Martínez H., en 1983).

cluso cabe señalar que éstos caen dentro de los intervalos de confianza establecidos por Martínez H. (1983), lo que indica que las diferencias encontradas entre ambos no son estadísticamente significativas.

#### IV. 2 EDAD OPTIMA PARA LA EXPOSICION A LA LUZ ROJA.

La determinación de este parámetro se realizó mediante la observación periódica de cada uno de los cinco tratamientos establecidos y que se describen a continuación. Cabe aclarar que estas observaciones se realizaron 48 horas después de la irradiación. Aunado a estas observaciones se hizo el análisis estadístico, cuyos resultados aparecen en las tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 del apéndice.

La descripción morfológica de las plántulas de los tratamientos relativos a la edad óptima para exposición a luz roja fué la siguiente (recuérdese que la irradiación en todos los casos fué de 24 horas con luz roja):

Tratamiento A (1 día de emergidas): Plántulas demasiado pequeñas, de aproximadamente 0.31 cm. de longitud, incluyendo a la semilla, y 2 mm. de ancho; presentan una estructura primaria muy pequeña (hipocotilo); no muestra la hoja cotiledonar.

Tratamiento B (2 días de emergidas): Plántulas más grandes que las anteriores, de aproximadamente 0.6 cm. de longitud, incluyendo a la semilla y 3.5 mm. de ancho; el hipocotilo está más desarrollado y empieza a emerger la hoja cotiledonar; el color de las estructuras presentes muestra algunas pigmentaciones -- rojizas, aún sin deetiolar.

Tratamiento C (3 días de emergidas): Plántulas más grandes que en los dos tratamientos anteriores, de 1.31 cm. de longitud y 5.16 mm. de ancho; de consistencia carnosa; muestra el hipocotilo de aproximadamente 2.5 mm. con presencia de unos pequeñísimos vellos radiculares de menos de 0.5 mm. de largo, apenas perceptibles; las hojas cotiledonares se encuentran completamente emergidas; la testa de la semilla permanece adherida al extremo de la hoja cotiledonar; el color que presentan estas estructuras es verde limón, por lo cual se pueden considerar deetiroladas.

Tratamiento D (4 días de emergidas): Plántulas muy similares a las del tratamiento anterior; de 1.4 cm. de longitud y 4.46 mm. de ancho; la testa de la semilla continúa adherida al extremo de la hoja cotiledonar; plántulas deetiroladas. Las diferencias encontradas con respecto al tratamiento anterior son en cuanto a la longitud y el diámetro, ya que morfológicamente son idénticas.

Tratamiento E (5 días de emergidas): Plántulas muy similares a las de los tratamientos C y D; de longitud de 1.6 cm. y 4.6 mm. de diámetro; la testa de la semilla ya se desprendió de la hoja cotiledonar; los vellos radiculares se hacen más evidentes por su cantidad, no así por su tamaño; plántulas completamente deetiroladas, con un tono muy similar al adquirido por el tratamiento C.

Análisis de "longitud de plántulas".

De los tratamientos establecidos (tabla 2), los resultados indican que la longitud está en función de la edad de las plántulas, puesto que la mayor corresponde a las de 5 días de emergidas, seguida por las de 4 días y así sucesivamente, guardando un orden decreciente, es decir, se presenta una correlación -

positiva entre la longitud y la edad de las plántulas. Esto se puede apreciar en la tabla 3.

La figura 19 muestra la longitud media de cada tratamiento y sus intervalos de confianza; en ella se puede apreciar que en las medias de los tratamientos D (4 días de edad) y E (5 días de edad) caen dentro del rango del tratamiento C (3 días de edad), por lo que se puede inferir que estos 3 son estadísticamente iguales; mientras que los tratamientos A (1 día) y B (2 días) no muestran esta tendencia, lo que indica que éstos son estadísticamente diferentes a todos los establecidos.

#### Análisis de varianza.

En la tabla 4 se observa el análisis de varianza practicado a los resultados - obtenidos. En este se encontraron diferencias significativas a los niveles de probabilidad del 1% y del 5%, por lo que se procedió a realizar la comparación de medias para determinar cuál de los tratamientos fué el que respondió mejor a la irradiación con luz roja, por el método de la diferencia mínima significati-- va (D.M.S.).

#### Comparación de medias.

La significación de dichas diferencias, comparando todos los tratamientos entre sí, se puede apreciar en la tabla 5, en el que se observa que los únicos -- tratamientos estadísticamente iguales son el DvsE y el CvsD, cuya diferencia es menor a la mínima significativa (0.242 al 5%), es decir, el tratamiento A es -- estadísticamente diferente a todos, al igual que el tratamiento B; el tratamien-



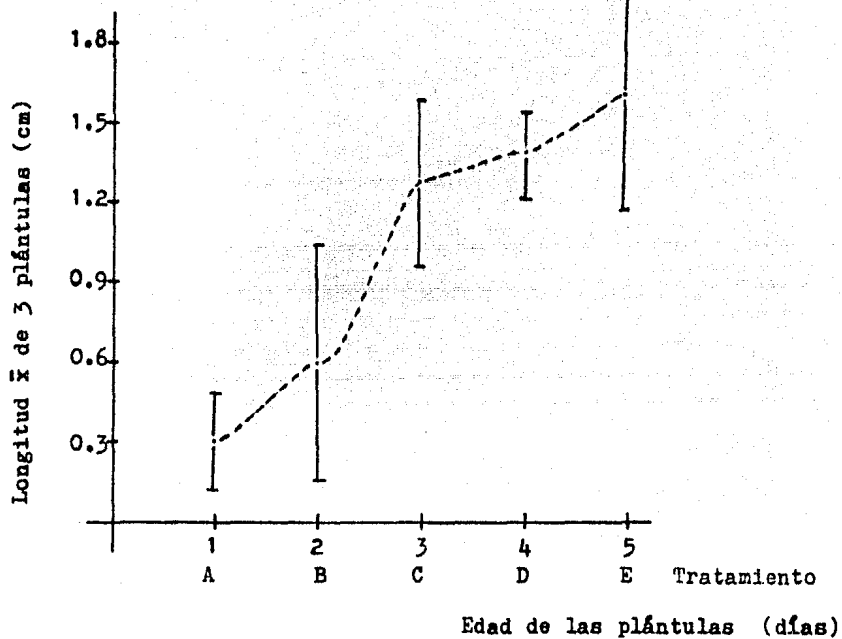


Fig. 19. Longitud promedio de 3 plántulas de *S. griseus* vs. edad de las mismas, irradiadas durante 24 horas con luz roja (660 nm). Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

to C es diferente al A, B y E; el D es diferente al A y B, y el tratamiento E es diferente al A, B y C.

### Análisis del diámetro de plántulas.

Los resultados obtenidos para el diámetro de las plántulas se muestran en la -- tabla 6, en la que se puede apreciar una tendencia similar a la presentada para la longitud de las mismas -esto es que el diámetro está en función de la edad - de las plántulas-, exceptuando al tratamiento C (3 días de edad) el cual tuvo - el mayor diámetro (5.16 mm.), seguido del tratamiento E (5 días de edad) (4.6 mm) guardando posteriormente un orden decreciente.

Lo anterior se muestra gráficamente en la figura 20, en la que también se mues-- tran los intervalos de confianza para cada tratamiento. A diferencia de lo ob-- tenido para la longitud, aquí las medias de los tratamientos D y E quedan fuera del rango establecido para el tratamiento C, lo que indica que la diferencia entre estos es significativa; en cuanto a los tratamientos A y B, el primero es -- el que obtuvo el menor diámetro, y también se deduce que la diferencia encontra-- da entre estos dos tratamientos es significativa.

### Análisis de varianza.

El análisis de varianza se puede apreciar en la tabla 7, en la que se observa -- que las diferencias entre tratamientos es altamente significativa, ya que la  $F_c$  (178.07) es mucho mayor que la  $F_t$  tanto para el nivel de probabilidad del 5% (9.01) como para el nivel del 1% (28.24), por lo que se realizó la comparación - de medias por el método ya descrito.

### Comparación de medias.

La diferencia mínima significativa (D.M.S.) obtenida para esta prueba fué de --

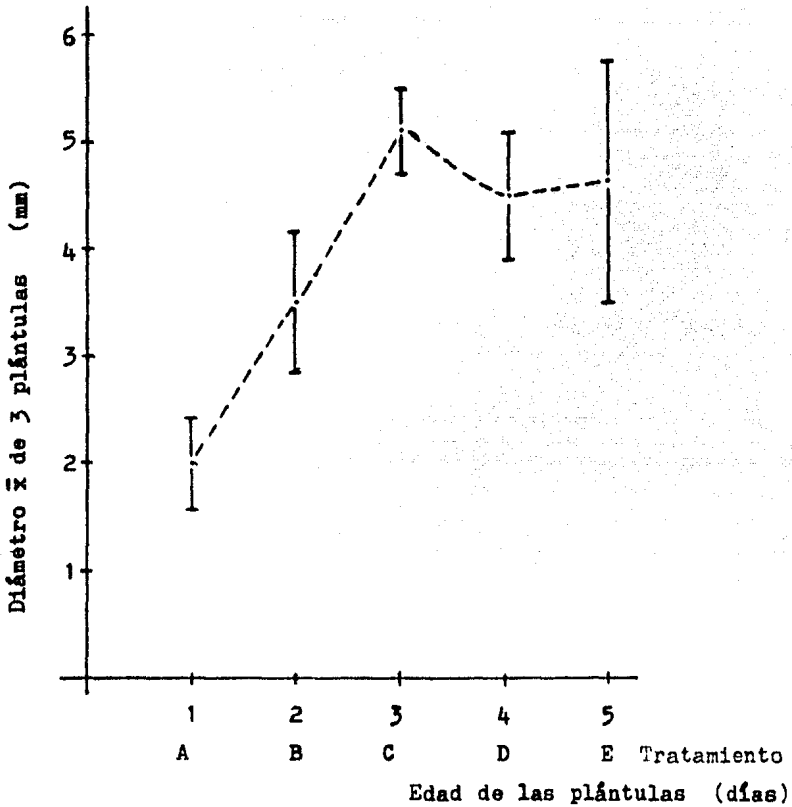


Fig. 20 Diámetro promedio de 3 plántulas de *S. griseus* vs. edad de las mismas, irradiadas durante 24 horas con luz roja (660 nm). las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

0.293 al 5% y 0.417 al 1% y las diferencias entre cada uno de los tratamientos se pueden observar en la tabla 8. Esta tabla indica que el tratamiento C es estadísticamente diferente a todos los demás, siendo esta diferencia altamente significativa; los tratamientos D y E se deben considerar estadísticamente - -

iguales y diferentes a los tratamientos A y B, en tanto que el tratamiento B es estadísticamente diferente al A. Cabe hacer notar que todas las diferencias -- encontradas son altamente significativas

Análisis de correlación.

Se correlacionaron los parámetros fitotécnicos longitud y diámetro de las -- plántulas con el objeto de determinar el grado de asociación entre ambos. Este análisis se puede apreciar en la tabla 8 bis y se muestra que hay alto -- índice de correlación positiva (0.903), es decir que en la medida en que se -- incrementa la longitud, el diámetro también aumenta, lo que implica una fuer-- te asociación.

De todo lo anterior se deduce que la edad óptima para exponer las plántulas a la irradiación con luz roja es la de tres días, debido a las diferencias en-- contradas sobre todo en relación al diámetro de las plántulas, ya que fué en este tratamiento en donde se obtuvo la mayor área foliar y en general la ma-- yor cantidad de tejido potencialmente verde, lo que fué el objetivo de esta -- parte del experimento. Por ello, en las siguientes determinaciones, las -- plántulas fueron tratadas cuando alcanzaron la edad de 3 días de emergidas.

#### IV. 3 TIEMPO OPTIMO DE IRRADIACION CON LUZ ROJA.

Autores tales como Akio Kamiya et al (1981), Dei Mitsuru (1981), Yamamoto -- Yukio et al. (1981), Siegrid Schoca (1980) entre otros, y que realizaron in-- vestigaciones sobre la deetiolación en maíz, avena, cebada, arroz y chícharo, llevan a cabo sus determinaciones cuando las plántulas alcanzan una edad que oscila entre los 5 y 10 días.

Debido al lento desarrollo detectado en las plántulas de S. griseus en pruebas preliminares, las observaciones relacionadas con la determinación del "tiempo óptimo de irradiación con luz roja" se realizaron a los 9 días después de haber sido irradiadas.

Esta determinación del tiempo óptimo de irradiación contempló la descripción morfológica de las plántulas en cada uno de los tratamientos, así como el análisis estadístico de los resultados obtenidos de las mediciones de longitud y diámetro, así como de la cuantificación del contenido de clorofilas a y b de las plántulas.

Descripción morfológica de las plantas irradiadas con luz roja durante diferentes tiempos.

Es necesario recordar que el color fué un indicio para establecer el grado de etiolación o deetiolación de las plántulas.

Tratamiento A (2 horas).....Plántulas etioladas, completamente -- blancas; de raíz poco desarrollada, sin pelos absorventes; con longitud media de 2.03 cm y 5.8 mm de ancho; no se aprecia diferenciación.

Tratamiento B (3 horas).....Plántulas etioladas, con un ligero -- color amarillo en los ápices de las hojas; se distingue la raíz primaria poco desarrollada, con pelos absorventes; de 2.01 cm. de longitud media y 6.1 mm. - de diámetro.

Tratamiento C (5 horas): Plántulas etioladas, con color amarillento en las hojas cotiledonares; raíz poco desarrollada, más o menos con las características del tratamiento anterior; de 1.99 cm. de largo y 4.8 mm. de ancho.

Tratamiento D (6 horas): Plántulas etioladas, de color amarillento; las hojas cotiledonares aún no se han extendido; raíz muy poco desarrollada, sin pelos absorbentes; de 1.86 cm. de longitud media por 4.2 mm. de ancho.

Tratamiento E (7 horas): Plántulas etioladas con un leve color amarillento en la mitad superior de las hojas cotiledonares; raíz poco desarrollada, sin pelos absorbentes; de 1.79 cm. de longitud y 4.9 mm. de ancho.

Tratamiento F (8 horas): Plántulas etioladas, con leve color amarillento en las puntas de las hojas; raíz poco desarrollada sin pelos absorbentes; de 1.67 cm. de longitud media y 4.1 mm. de diámetro.

Tratamiento G (15 horas): Plántulas deetioladas, de color verde amarillento en las hojas cotiledonares; raíz más desarrollada que en todos los tratamientos anteriores; de 1.93 cm. de longitud media y 5.2 mm. de ancho.

Tratamiento H (18 horas): Plántulas deetioladas, de color verde amarillento en las hojas cotiledonares, el ángulo de apertura entre el ápice de las hojas es menor de 45 grados; raíz poco desarrollada, muy similar a la del tratamiento anterior y con pelos absorbentes; de 1.78 cm. de longitud por 4.1 mm. de ancho.

Tratamiento I (20 horas): Plántulas deetioladas, de color verde amarillento, con características muy similares a las que presenta el tratamiento G; raíz --

poco desarrollada, pero un poco mayor que la del tratamiento anterior; tiene una longitud media de 1.70 cm. y 4.3 mm. de ancho.

Tratamiento J (25 horas): Plántulas deetioldadas de color verde limón; raíz más definida que en ninguno de los tratamientos anteriores, con presencia de pelos -- absorventes; la plántula tieene una longitud de 1.79 cm. y un diámetro de 5.4 mm.

Tratamiento K (30 horas): Plántulas completamente deetioldadas de color verde -- limón en las hojas cotiledonares; de 1.86 cm. de longitud y 4.6 mm. de diámetro; se aprecia una pequeña protuberancia en el centro de la plántula que dará origen al tallo; la raíz se encuentra desarrollada y se aprecian una mayor cantidad de -- pelos absorventes.

Tratamiento L (45 horas): Plántulas completamente deetioldadas con un color verde limón pero un poco más intenso que en el tratamiento anterior; se distingue más fácilmente la protuberancia descrita en el tratamiento anterior; presenta una -- longitud media de 1.74 cm y un ancho de 4.8 mm.

Tratamiento M (luz roja continua): Plántulas completamente deetioldadas, con un color verde botella en las hojas cotiledonares; raíz más desarrollada que en el -- tratamiento anterior con presencia de pelos absorventes; de 1.8 cm. de largo y 3.4 mm. de diámetro.

Tratamiento N (luz de día): Plántulas completamente deetioldadas de color ver-- de botella pero más intenso que en el tratamiento anterior en las hojas cotile-- donares con un púrpura en la parte apical de las mismas; raíz con caracterís-- ticas muy similares a las del tratamiento anterior, con presencia de pelos ab-- sorventes; de longitud media de 1.14 cm. y un ancho de 5.7 mm.

Tratamiento O (Testigo-oscuridad): Plántulas etioladas, completamente blancas, raíz más elongada que en ninguno de los tratamientos anteriores, sin pelos -- absorbentes; no se distingue ninguna diferenciación; de longitud media de 1.84 cm. y un diámetro de 3.8 mm.

La siguiente descripción no corresponde a ninguno de los tratamientos establecidos, corresponde a un lote experimental que no fué sujeto a un análisis estadístico, pero estas observaciones serán útiles para la discusión final.

Se trata de plántulas expuestas a luz de día continua a partir de su germinación. Estas plántulas están completamente deetioldadas, con un color de la misma intensidad que las del tratamiento N (luz de día); presentan la testa adherida a las hojas cotiledonares, la mayoría de una longitud no mayor a -- los 5 mm. de longitud y los 2 mm. de diámetro; raíz poco desarrollada, apenas perceptible, de aproximadamente 1.5 mm. de longitud.

Análisis de la "longitud de plántulas".

Los resultados obtenidos para este parámetro fitotécnico se resumen en la tabla 9 y se muestran gráficamente en la figura 21.

En la figura 21 se observa que la mayor longitud de las plántulas fué obtenida con 2 horas de irradiación, presentándose una tendencia decreciente a medida que se incrementa el tiempo de irradiación hasta 8 horas. De 8 a 15 -- horas se detecta un incremento en la longitud. Con 18 horas la longitud -- vuelve a disminuir, manteniéndose más o menos constante con 20, 25, 30, 45 e irradiación continua con luz roja, mientras que en las plántulas expuestas a



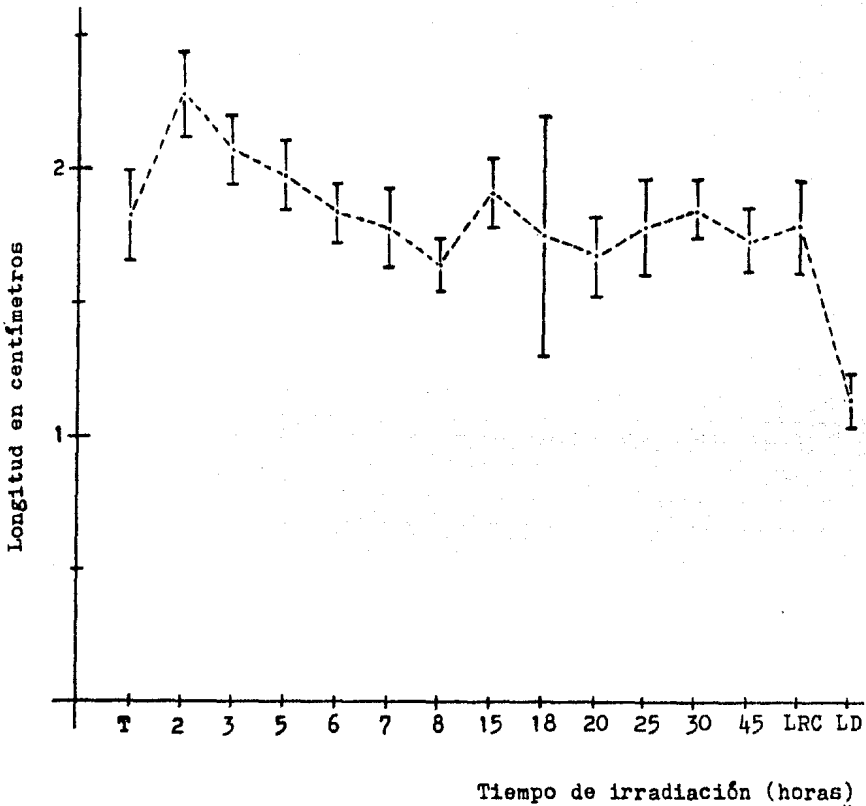


Fig. 21. Longitud promedio de 10 plántulas de *S. griseus* vs. tiempo de irradiación en horas. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%. La letra T significa 'testigo en oscuridad', LRC 'luz roja continua' y LD 'luz de día'.

luz de día la longitud disminuyó notoriamente.

También en esta figura se puede apreciar que los tratamientos con 2, 3, 5, 6, 15 y 30 horas de irradiación, alcanzan una mayor longitud que el tratamiento -- testigo, en tanto que los demás tratamientos se comportan por debajo del promedio de este último.

### Análisis de varianza.

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza de los resultados obtenidos de la medición de la longitud en la determinación del tiempo óptimo de irradiación. Este análisis indica que las diferencias que existen entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la  $F_c$  (7.3206) es mayor que los valores de la  $F_t$  tanto al nivel de la probabilidad del 5% (1.696) como para el nivel del 1% (2.086), por lo que se realizó la correspondiente comparación de medias.

### Comparación de medias.

Para la significación estadística de diferencias entre medias se aplicó la prueba de la diferencia mínima significativa (D.M.S.), la cual se resume en la tabla 11 con niveles de probabilidad del 5% y 1%.

En esta tabla se puede observar que el tratamiento con 2 horas de irradiación presenta una longitud estadísticamente igual a la de los tratamientos irradiados con 3, 5, 6, 15 y 30 horas; cabe aclarar que tampoco se encontró diferencia significativa entre este tratamiento y el testigo, en oscuridad, lo que implica que con 2 horas de irradiación no se logra disminuir la tasa de elongación del tallo y que el incremento que éste sufre con respecto al testigo no es significativo. Por otro lado, las diferencias de longitud entre las plántulas irradiadas con 2 horas y las irradiadas con 7, 18 y 25 horas e irradiación continua deben ser considerados como significativos; mientras que con 8, 20 y 45 horas de irradiación y el tratamiento con luz de día continua son considerados altamente significativos.

Las diferencias entre el tratamiento con 3 horas de irradiación y los tratamientos con 5, 6, 15 y 30 horas, luz roja continua y testigo en la oscuridad, son estadísticamente iguales, en tanto que las diferencias contra 7, 18, 25 y 45 horas de irradiación son estadísticamente significativas. Por otra parte, las diferencias contra los tratamientos con 8 y 20 horas de irradiación y el tratamiento bajo luz de día deben considerarse altamente significativas.

El tratamiento con 5 horas de irradiación presenta resultados estadísticamente iguales tanto con el testigo como con los tratamientos de 6, 7, 15, 18, 25 y 30 horas de irradiación e irradiación con luz roja continua; se encontró que es significativo contra el tratamiento con 45 horas y altamente significativo contra los tratamientos con 8 y 20 horas de irradiación y el tratamiento con luz de día.

El tratamiento con 6 horas de irradiación presenta igualdad estadística contra todos los tratamientos excepto contra el tratamiento de luz de día, que tiene alta significancia. Igual comportamiento se observa en los tratamientos testigo y con 30 horas de irradiación.

Los tratamientos con 7, 18 y 25 horas de irradiación tienen igual comportamiento y son además estadísticamente iguales a los tratamientos con 8, 15, 20 y 45 horas de irradiación y luz roja continua, guardando alta significancia con respecto al tratamiento de luz de día.

El tratamiento con 8 horas de irradiación presenta diferencia significativa con el tratamiento con 15 horas (además de las ya descritas) y alta significancia con respecto al tratamiento de luz de día, y es estadísticamente igual a todos los demás.

En el tratamiento con 15 horas de irradiación se observa diferencia significativa contra el tratamiento con 20 horas (además de las ya descritas) y alta -- significancia contra el tratamiento de luz de día, presentando igualdad esta-- dística con los tratamientos de 45 horas y luz roja continua.

Las diferencias significativas entre el tratamiento con 20 horas y los trata-- mientos con las que los tiene, quedaron descritas haciendo notar que guarda - alta significancia con el tratamiento de luz de día y es estadísticamente - - igual a los tratamientos con 45 horas y luz roja continúa.

Los tratamientos con 45 horas y luz roja continua son estadísticamente igua-- les y altamente significativos con respecto al tratamiento de luz de día.

Como se puede observar, el único tratamiento que fué estadísticamente dife-- rente a todos es el de luz de día, cuya diferencia es altamente significativa.

#### Análisis del "diámetro de plántulas".

Los resultados se resumen en la tabla 12 y se muestran gráficamente en la fi-- gura 22.

En la figura 22 se puede observar que con tiempos de 2 hasta 45 horas de irra-- diación con luz roja, y con luz de día, se incrementa el diámetro de las plán--

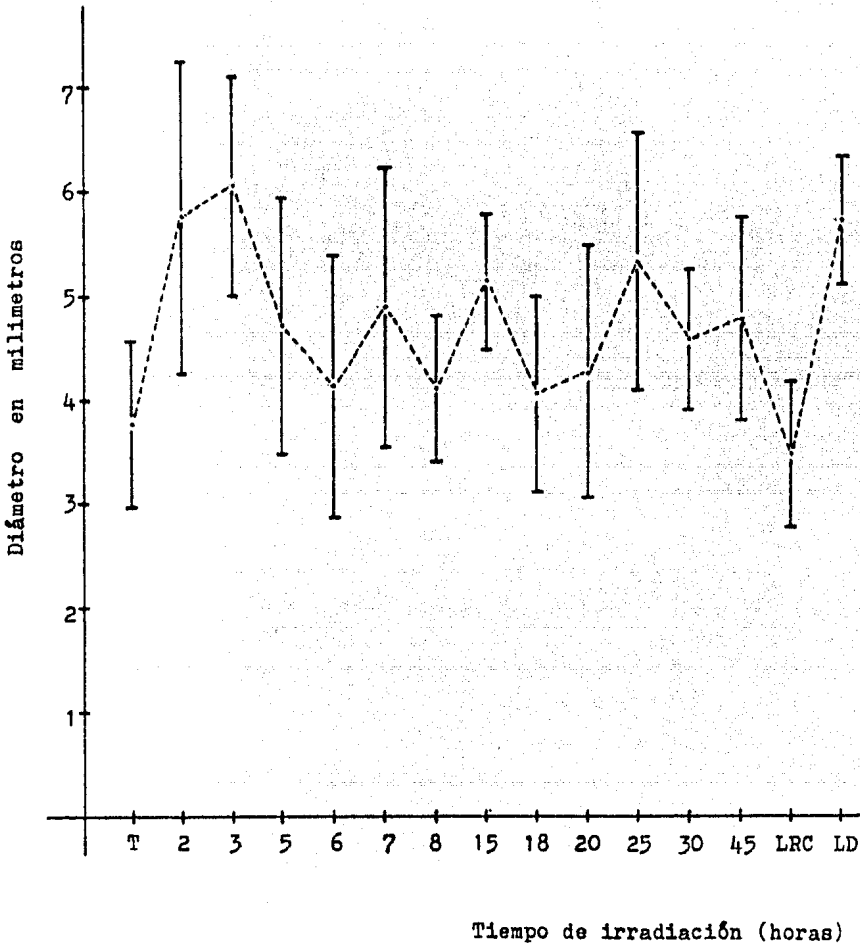


Fig. 22. Diámetro promedio de 10 plántulas de *S. griseus* vs. tiempo de irradiación. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%. La letra T significa 'testigo en oscuridad', L.R.C. 'luz roja continua' y LD 'luz de día'.

tulas con respecto al testigo, cosa que no sucede con la irradiación continua con luz roja, cuyo diámetro fué el menor de todos (3.4 mm.). El mayor diámetro se obtiene con 3 horas de irradiación (6.1 mm), observándose que con 2 horas se obtiene un comportamiento similar (5.8 mm). Asimismo se puede apreciar que con tiempos de irradiación de 5 hasta 45 horas la variación de los diámetros no es significativa, ya que todos estos promedios quedan comprendidos dentro de un rango de 4.1 a 5.4 mm, que se sitúa dentro de los intervalos de confianza de algunos de estos parámetros (tabla 12).

#### Análisis de varianza.

En la tabla 13 se presenta el análisis de varianza del diámetro para la determinación del tiempo óptimo de irradiación, el que indica que las diferencias encontradas entre los tratamientos son altamente significativas, puesto que el valor de la  $F_c$  (2.9215) es mayor que el de la  $F_t$  tanto al 5% de probabilidad (1.696) como para el 1% (2.086).

#### Comparación de medias.

Los resultados de la significación de medias por el método de la D.M.S. se resumen en la tabla 14 y fueron practicados con niveles de probabilidad de 1 y 5%.

En ella se aprecia que solo cinco tratamientos fueron estadísticamente diferentes al testigo: los tratamientos con 2 y 3 horas de irradiación y el tratamiento irradiado con luz de día se deben considerar altamente significativos, mientras que con 15 y 25 horas de irradiación con luz roja deben ser estimados como significativos. En cuanto que los tratamientos con 5, 6, 7, 8,

18, 20, 30 y 45 horas de irradiación e irradiación con rojo continuo resultaron estadísticamente iguales al testigo.

El tratamiento con 2 horas de irradiación resultó estadísticamente diferente -- a los tratamientos con 6 y 20 horas (significativamente) y a los tratamientos con 8, 18 horas y luz rojo continuo (altamente significativo), e igual a los -- irradiados con 3, 5, 7, 15, 25, 30, 45 horas y con luz de día.

Las diferencias entre el tratamiento con 3 horas de irradiación y los trata-- mientos con 7, 15, 25 horas y con luz de día resultaron estadísticamente igua-- les; mientras que contra los tratamientos con 5, 30 y 45 horas fueron signifi-- cativas, y contra 6, 8 y 18 horas y luz rojo continuo altamente significativas.

Los tratamientos con 5 y 45 horas de irradiación tuvieron igual comportamiento y resultaron significativos contra el tratamiento con 3 horas de irradiación -- continua, mostrando igualdad estadística contra todos los demás.

Los tratamientos con 6 y 20 horas de irradiación presentan diferencias signi-- ficativas contra el de luz de día (además de las ya descritas), y son estadís-- ticamente iguales contra los demás.

El tratamiento con 7 horas de irradiación resultó estadísticamente igual a to-- dos los tratamientos excepto al de luz roja continua, teniendo para con este úl-- timo alta significancia.

El tratamiento con 8 horas de irradiación tuvo significancia al 95% contra los tratamientos con 25 horas de irradiación y luz de día (además de las ya descritas) y fue estadísticamente igual a los demás tratamientos. Igual comportamiento se

observa en el tratamiento con 18 horas de irradiación.

El tratamiento con 15 horas de irradiación mostró diferencia estadística significativa contra el testigo y altamente significativa contra el tratamiento de luz roja continua, e igualdad estadística contra todos los demás.

Para el tratamiento con 25 horas de irradiación se observa que, además de las diferencias ya descritas, presenta alta significancia contra el tratamiento de luz roja continua y es estadísticamente igual a los tratamientos restantes.

El tratamiento con 30 horas de irradiación solo presenta diferencia significativa contra el tratamiento con tres horas de irradiación.

Por último, se aprecia que la diferencia entre los tratamientos con irradiación con luz roja continua y con luz de día es altamente significativa.

Análisis del contenido de "clorofila a".

Los resultados se resumen en la tabla 15 y se muestran gráficamente en la figura 23.

En la figura 23 se puede observar los resultados promedio del contenido de clorofila 'a' de cada tratamiento así como sus intervalos de confianza; en ella se puede advertir la tendencia hacia una correlación positiva entre el contenido de clorofilas y el tiempo de irradiación.

El comportamiento observado con 2 hasta 7 horas de irradiación con luz roja es



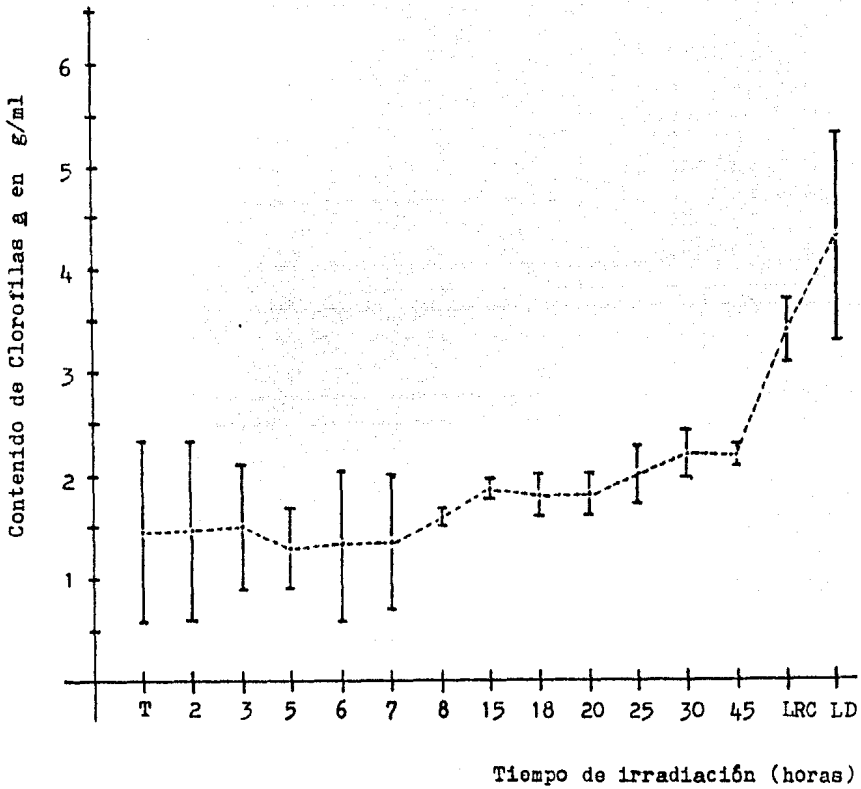


Fig. 2'. Contenido de clorofila "a" en plántulas de *S. griseus* de doce días de edad vs. tiempo de irradiación en horas. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%. La letra T significa -- testigo en oscuridad, LRC 'luz roja continua y LD 'luz de día'.

más o menos uniforme, tendiendo a incrementarse con tiempos de 8 horas o más. El incremento en el contenido de clorofilas "a" de 45 horas de irradiación a

irradiación continua y luz de día es drástico, lo que indica obviamente que la luz tiene algo que ver con la formación de clorofilas.

En la misma figura se aprecia que el tratamiento con luz de día fue en el que se obtuvo mayor contenido de clorofila "a" (4.3123 g/ml), seguido por el de irradiación con luz roja continua (3.369 g/ml). Asimismo se observa que los tratamientos con 5 horas (1.3035 g/ml), 6 horas (1.3323 g/ml) y 7 horas (1.3442 g/ml) tuvieron un promedio menor al del testigo (1.4855).

#### Análisis de varianza.

En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza para el contenido de clorofila "A" en la determinación del tiempo óptimo de irradiación, en el que se aprecia que las diferencias encontradas entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la Fc (43.013) es mayor que el de la Ft al 5% (2.04) y al 1% (2.74).

#### Comparación de medias.

Los resultados obtenidos para la significación de medias por el método de la D.M.S. se presentan en la tabla 17 con niveles de probabilidad del 5% y 1%. En ella se aprecia lo siguiente:

El resultado obtenido para el tratamiento con luz de día es estadísticamente diferente y altamente significativo con respecto a todos los demás tratamientos. Igual comportamiento se observó en el tratamiento con irradiación con luz roja continua.

Los tratamientos con 30 y 45 horas de irradiación con luz roja tienen igual conducta, es decir, son estadísticamente iguales entre sí y presentan alta significancia con respecto a los demás tratamientos.

En cuanto a los tratamientos con 15, 18, 20 y 25 horas de irradiación, se puede estimar que no se encuentran diferencias significativas entre ellos, es decir, su respuesta frente al estímulo luminoso es igual, señalando que también presentan diferencias significativas contra todos los demás tratamientos.

El tratamiento con 8 horas de irradiación es estadísticamente igual a los - - tratamientos testigo, con 2 y 3 horas de irradiación.

Por otro lado, el tratamiento con 3 horas es además estadísticamente igual al -- tratamiento con 7 horas de irradiación con luz roja.

En cuanto a los tratamientos con 2, 5, 6 y 7 horas de irradiación con luz roja además del testigo en oscuridad no se encuentran diferencias significativas entre ellos.

Análisis del contenido de "clorofila b".

Los resultados se resumen en la tabla 18 y se muestran gráficamente en la figura 24.

En la tabla 18 se observa que el mayor contenido de clorofila "b" corresponde al tratamiento de luz de día (4.3389) y el menor al tratamiento con 6 horas de

irradiación con luz roja (0.9620), además se pueden apreciar los promedios para cada tratamiento y su análisis estadístico.

En la figura 24 se observa que de 2 a 8 horas de irradiación, el contenido de clorofila "b" tiende a descender con respecto al testigo en oscuridad, alcanzando el mínimo con 6 horas de irradiación. Con 15 horas, el incremento en el contenido de clorofila "b" se encuentra por arriba del testigo, tendiendo a decrecer nuevamente con 18 y 20 horas de irradiación por debajo del promedio del testigo en oscuridad. De 25 horas en adelante, todos los promedios sufren un incremento, siendo éste más notorio entre los tratamientos con 45 horas de irradiación e irradiación continua, y éste último y el tratamiento con luz de día.

#### Análisis de varianza.

La tabla 19 presenta el análisis de varianza para el contenido de clorofila "b" en la determinación del tiempo óptimo de irradiación, en la que se observa que las diferencias existentes entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la  $F_c$  (31.81) es mayor que el de la  $F_t$  al 5% (2.04) y al 1% (2.74).

#### Comparación de medias.

Los resultados obtenidos para la significación de medias por el método de la D.M.S. se presentan en la tabla 20 con niveles de probabilidad del 5% y 1%.

En esta tabla puede observarse que, al igual que en el caso de la clorofila

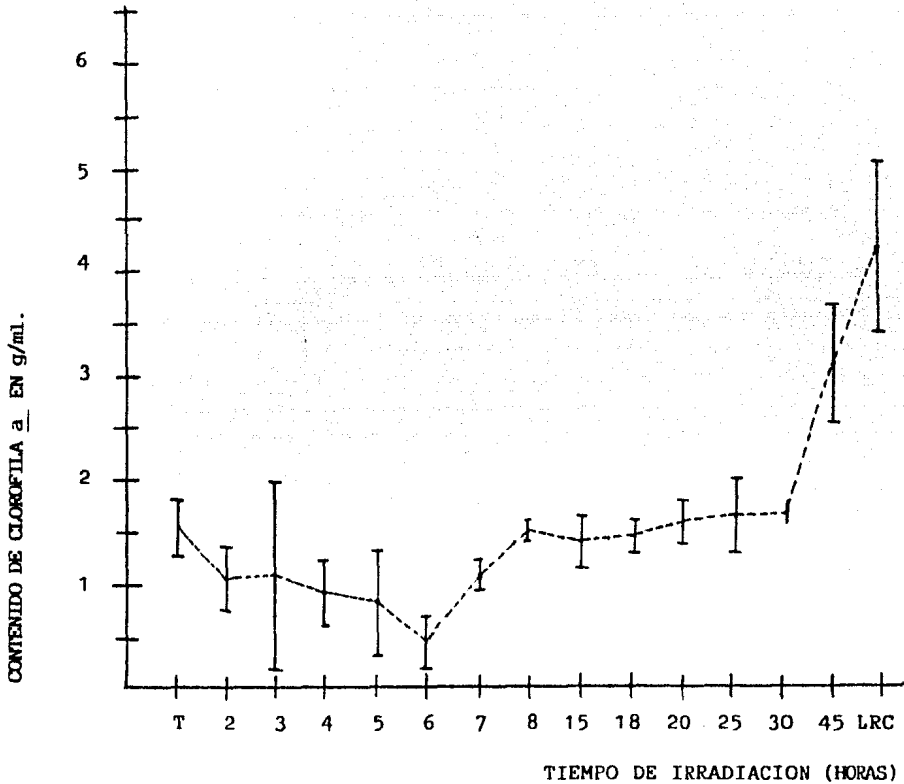


FIG. 24 .- CONTENIDO DE CLOROFILA "b" EN PLANTULAS DE S. GRISEUS DE DOCE DIAS DE EDAD VS. TIEMPO DE IRRADIACION EN HORAS. LAS LINEAS VERTICALES INDICAN EL INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%. LA LETRA T SIGNIFICA TESTIGO EN OBSCURIDAD, LRC. LUZ ROJA CONTINUA Y LD. LUZ DE DIA.

"a" EL TRATAMIENTO CON LUZ DE DIA FUE EL QUE PRESENTA MAYOR CONTENIDO DE CLOROFILA, RESULTADO ESTADISTICAMENTE DIFERENTE A TODOS LOS DEMAS TRATAMIENTOS.

Igual comportamiento se observó con el tratamiento de luz roja continua, aunque estadísticamente es menor al primero.

Los tratamientos con 30 y 45 horas de irradiación con luz roja muestran igualdad estadística con el tratamiento de 25 horas de irradiación, y son estadísticamente diferentes a todos los demás tratamientos. Por otra parte, el tratamiento con 25 horas de irradiación presenta igualdad estadística con los tratamientos de 15 y 18 horas de irradiación, además del testigo en oscuridad.

El tratamiento con 15 horas de irradiación es asimismo estadísticamente igual a los tratamientos con 18 y 20 horas de irradiación y al testigo, siendo diferente a los demás.

El tratamiento testigo presenta igualdad estadística con los tratamientos de 8, 15, 18, 20 y 25 horas de irradiación, y es superior a los tratamientos con 2, 3, 5, 6 y 7 horas de irradiación.

Los tratamientos con 18 y 20 horas tienen igual comportamiento, son estadísticamente iguales al tratamiento con 8 horas y superiores a los tratamientos con 2 hasta 7 horas.

El tratamiento con 8 horas de irradiación presenta igualdad con los tratamientos de 2 y 3 horas (además de las ya descritas) y es estadísticamente superior a los de 5, 6 y 7 horas.

Los tratamientos con 2 y 3 horas presentan comportamiento similar y son estadísticamente superiores a aquellos con 5, 6, y 7 horas de irradiación. En - -

cuanto a estos últimos, resultaron ser los que menos respuesta tienen en la --  
acumulación de clorofila "b", haciendo notar que no se encontraron diferencias  
significativas entre ellos.

Relación entre clorofila "a" y "b".

La relación entre clorofila "a" y "b" se puede apreciar en la tabla 21; en ella  
se observa que los tratamientos en los que se utilizó como fuente lumínica la -  
luz roja, siempre se encuentra mayor cantidad de clorofila "a", es decir, la  
relación es siempre superior a la unidad, mientras que en el tratamiento cuyo  
estimulo luminoso fué la luz de día, la relación es menor a la unidad, lo que  
indica una mayor cantidad de clorofila "b". Igual comportamiento se observa en  
el tratamiento testigo.

Análisis de correlación.

a) Longitud vs. diámetro: Este análisis se muestra en la tabla 22 y se indica  
que no hay asociación entre estos dos parámetros fisiotécnicos, es decir, la  
tasa de incremento en una no altera a la otra.

b) Clorofila "a" vs. clorofila "b": La tabla 23 muestra que la correlación en-  
tre estos dos parámetros es altamente significativa y positiva, es decir, --  
que en la medida que se incrementa el contenido de clorofila "a" se incre--  
menta también el de clorofila "b".

c) Clorofila "a" vs. longitud: Este análisis se presenta en la tabla 24 y mues-  
tra que existe una correlación negativa entre estos parámetros, el incremen-

to en el contenido de clorofila "a" determina un decremento en la longitud. El grado de asociación se puede considerar como significativo.

d) Clorofila "a" vs. diámetro: Este análisis se presenta en la tabla 25, en la que se puede observar que no hay asociación entre estas dos variables, es decir, actúan de manera independiente.

e) Clorofila "b" vs. longitud: Al igual que en el caso de la clorofila "a", la asociación entre estos dos parámetros fisiotécnicos es negativa y tiene un grado de asociación muy similar al de referencia. Esto se puede apreciar en la tabla 26.

f) Clorofila "b" vs. diámetro: Este análisis aparece en la tabla 27 e indica que no hay asociación entre estos dos parámetros, su actuación es independiente.

#### IV.4 PRUEBA CON LUZ ROJO LEJANO.

Para esta prueba se contempló la descripción morfológica de las plántulas de cada uno de los tratamientos, el análisis estadístico de la longitud, el diámetro y el contenido de clorofila tanto "a" como "b".

Descripción morfológica de las plántulas irradiadas con luz rojo lejano a diferentes tiempos.

Tratamiento A (2 horas): Plántulas etioladas, con las hojas cotiledonares amarillas con pigmentaciones rojas en los ápices; raíces con pequeños pelos absorbentes de longitud media aproximada de 3 mm. La longitud media de las plántulas fué de 1.47 cm, su diámetro de 3.65 mm.



Tratamiento B (3 horas): Plántulas etioladas, de longitud media de 1.75 cm. y 4.05 mm. de diámetro, de mayor robustez que las anteriores, de apariencia -- muy similar a las del tratamiento testigo, de color más amarillento que las -- anteriores, sin pigmentaciones rojas en los ápices. Raíz de longitud media de 3.5 mm, sin pelos absorventes o no visibles.

Tratamiento C (5 horas): Plántulas etioladas, de porte similar a las ante-- riores, de longitud media de 1.75 cm y 3.80 mm de diámetro; las hojas coti-- ledonares con un color amarillo limón, con alguna coloración rojiza en los ápices. Raíces de 5 mm. aproximadamente, sin pelos absorventes en la mayo-- ria de ellas.

Tratamiento D (6 horas): Plántulas etioladas, muy similares a las anterio-- res, de 1.72 cm. de longitud y 3.6 mm. de diámetro, hojas cotiledonares - - amarillentas con los ápices más teñidos de rojo. Raíces con longitud media de 5 mm, con presencia de pelos absorventes (muy pocos).

Tratamiento E (7 horas): Plántulas etioladas, no tan robustas como las an-- teriores, más bien de la apariencia de las del tratamiento A, diferencián-- cose de estas por carecer de las pigmentaciones rojas en el ápice de las -- hojas cotiledonares; de longitud media de 1.81 cm y 3.60 mm. de diámetro. Raíz sin pelos absorventes o muy pocos, de longitud media de 5 mm.

Tratamiento F (8 horas): Plántulas etioladas de color amarillo-verdoso que las cubre hasta la mitad del tallo, con pigmentaciones rojizas en los - ápices de las hojas cotiledonares, apariencia trágil, de 1.76 cm. de longi-- tud y 4.45 mm. de diámetro; raíz más o menos desarrollada, de 5 mm. de lon-- gitud, con presencia de pelos absorventes (pocos).

Tratamiento G (15 horas): Plántulas etioladas, de color verde limón sólo en los ápices de las hojas cotiledonares, con grandes manchas de tonalidades -- rojizas, poco robustas, más bien frágiles; raíz más o menos desarrollada, de 4 mm. de longitud con presencia de pelos absorventes. Plántulas de 3.35 mm. de diámetro y 1.49 cm. de longitud.

Tratamiento H (18 horas): Plántulas deetioladas, de color verde limón más intenso que las anteriores y uniformemente distribuido hasta la base del ta-- llo; de 3.1 mm. de diámetro y 1.65 cm. de longitud media; poco menos frági-- les que las anteriores; raíz de aproximadamente 5 mm. de longitud, con muy - pocos pelos absorventes.

Tratamiento I (20 horas): Plántulas etioladas, de coloración no uniforme -- que va desde el amarillo hasta el verde, muchos individuos de coloración -- rojo pálido (70%), hojas cotiledonares en forma de 'U'; de 1.54 cm. de lon-- gitud y 3.4 mm. de diámetro. Raíz de 3 mm., con pequeñísimos pelos absor-- ventes. Plántulas de apariencia muy frágil.

Tratamiento J (25 horas): Plántulas etioladas, con un color que va del -- amarillo limón al verde limón, con algunas tonalidades de rojo pálido en sus hojas cotiledonares; de 1.68 cm. de longitud y 2.9 mm. de diámetro; de apariencia más resistente que las anteriores. Raíces de 4 mm. de longitud y con mayor cantidad de pelos absorventes que en todos los tratamientos.

Tratamiento K (30 horas): Plántulas deetioladas, de color verde intenso, más robustas que las anteriores. El 8% de la población presenta coloración rojiza, el 14% un color amarillento característico de las plántulas etiola--

das; de 1.59 cm. de longitud y 3.85 mm. de diámetro. Raíz bien formada de -- 5 mm. de longitud promedio, con presencia de pelos absorventes.

Tratamiento L (45 horas): Plántulas deetioldadas con un color verde más intenso que las del tratamiento anterior, el color rojo (en las que se presenta) es también más intenso, dando una coloracion casi café, el 20% de la -- población presenta coloración amarilla característica de las plantas etiola-- das, el 12% coloración entre el rojo y verde, 14% roja y el 54% restante una tonalidad completamente verde; con 1.66 cm. de longitud y 3.50 mm. de diáme-- tro. Raíz bien desarrollada con presencia de vellos radiculares, de longi-- tud media de 4.55 mm.

Tratamiento M (luz rojo lejano continua): Plántulas completamente deetiola-- das, de 1.44 cm. de longitud y 1.87 mm. de diámetro; de color verde más in-- tenso que en todas las anteriores, muy pequeñas; raíces poco desarrolladas de 3 mm. de longitud. De apariencia muy frágil en general. El 100% de la -- población se encuentra deetioldada.

Tratamiento N (testigo en oscuridad): Plántulas etioldadas, con la punta de las hojas cotiledonares de color amarillo, de 1.75 cm. de longitud y 1.87 -- mm. de diámetro. Raíz sin presencia aparente de pelos absorventes, de aproxi-- madamente 4 mm. de longitud media.

Análisis de "longitud de plántulas".

Los resultados obtenidos para este parámetro fitotécnico se resumen en la tabla 28 y se muestran gráficamente en la figura 25.

En esta tabla se puede apreciar que todos los tratamientos, exceptuando a los irradiados con 7 y 8 horas fueron inferiores al testigo, asimismo se puede observar que la menor longitud corresponde al tratamiento bajo irradiación rojo lejano continuo (1.44 cm), lo que no sucede con el tratamiento de irradiación con luz roja continua de la determinación anteriormente descrita.

En la figura 25 se puede apreciar, además de las medias de los tratamientos irradiados con luz rojo lejano, las de los irradiados con luz roja. En esta figura se observa que todos los tratamientos (exceptuando los irradiados con luz rojo lejano durante 7 y 8 horas) se comportan por debajo del promedio de los irradiados con luz roja, lo que indica que la luz rojo lejano tiene mayor poder sobre la inhibición del crecimiento en longitud en las plántulas de esta especie. Por otra parte, la tendencia que muestra la gráfica de luz rojo lejano, sugiere que no existe correlación entre el tiempo de irradiación y la longitud de las plántulas.

#### Análisis de varianza.

El análisis de varianza para este parámetro se presenta en la tabla 29. Este indica que las diferencias entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la  $F_c$  (4.68) es mayor a los valores de la  $F_t$ , tanto al nivel de probabilidad de 5% (1.73) como para el nivel de 1% (2.14).

#### Comparación de medias.

Para la significación estadística de medias entre los tratamientos se empleó la prueba de la D.M.S., la cual se resume en la tabla 30 con niveles de probabilidad del 5 y 1%.

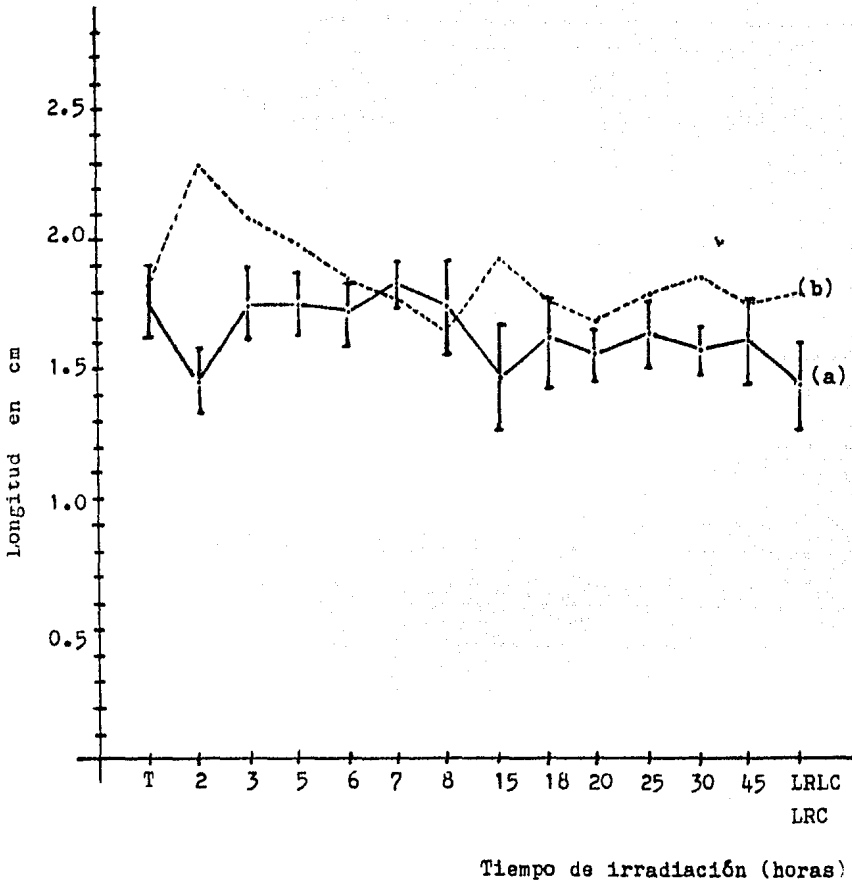


Fig. 25. (a) longitud promedio de 10 plántulas de *S. griseus* de 12 días de edad vs. tiempo de irradiación con luz rojo lejano.  
 (b) Longitud promedio de los tratamientos irradiados con luz roja.

Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%

---

En esta se puede observar que el tratamiento testigo resultó estadísticamente igual a los tratamientos con 3, 5, 6, 7, 18, 25 y 45 horas de irradiación -- con luz rojo lejano, y estadísticamente superior a los demás tratamientos -- (2, 15, 20 y 30 horas de irradiación e irradiación con luz rojo lejano continuo).

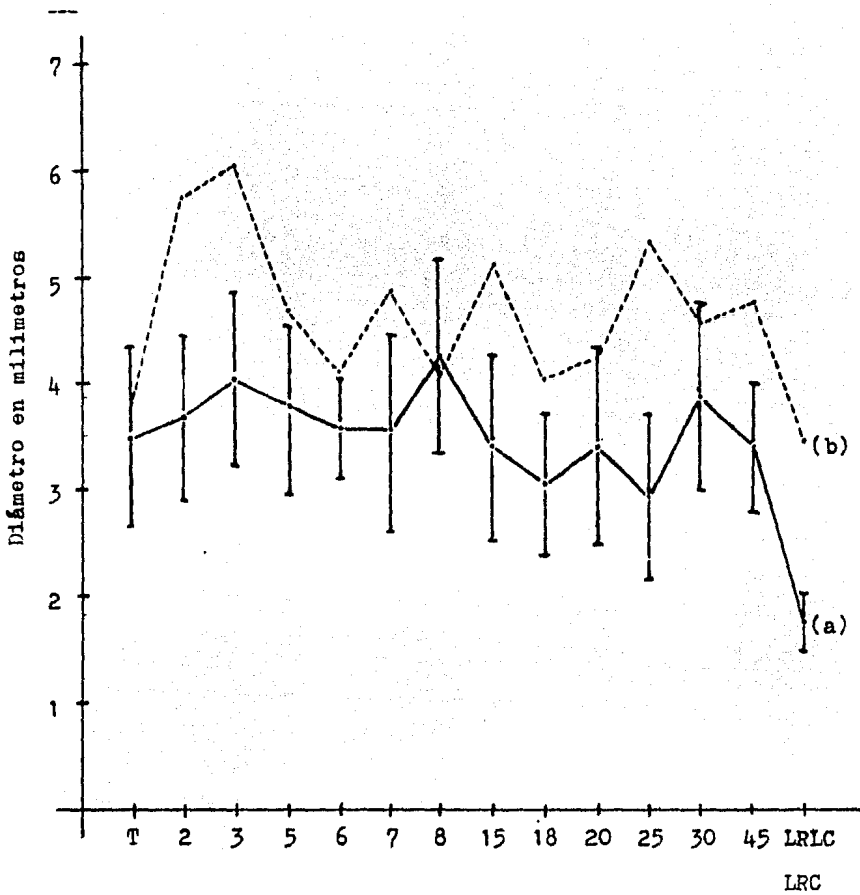
También quedó establecido que los tratamientos que respondieron menos al -- estímulo luminoso fueron los que tuvieron tiempos de irradiación de 2 y 15 -- horas con luz rojo lejano y luz rojo lejano continuo.

Análisis del "diámetro de plántulas".

Los resultados se resumen en la tabla 31 y se aprecian gráficamente en la -- figura 26.

En la tabla 31 se puede observar que los tratamientos con 2, 3, 5, 6, 7, 8, 30 y 45 horas de irradiación con luz rojo lejano tuvieron mayor promedio -- que el testigo (3.48 mm), mientras que los tratamientos con 15, 18, 20 y 25 horas de irradiación con luz rojo lejano e irradiación continua presentan -- menor promedio.

En la figura 26 se observa además de las medias de los tratamientos irradiados con rojo lejano, las de los irradiados con luz roja. En esta se -- aprecia que todos los tratamientos irradiados con luz rojo lejano (exceptuando el irradiado durante 8 horas) se comportan por debajo del promedio -- de los irradiados con luz roja, lo que indica que esta última estimula el -- desarrollo en diámetro de las plántulas de esta especie. Por otro lado la -- gráfica de luz rojo lejano presenta una ligeratendencia negativa, es decir,



Tiempo de irradiación (horas)

Fig. 26. (a) Diámetro promedio de 10 plántulas de *S. griseus* de 12 días de edad vs. tiempo de irradiación con luz rojo lejano. (b) Diámetro promedio de los tratamientos irradiados con luz roja. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

que en la medida que se incrementa el tiempo de irradiación después de 8 ho--  
ras, el diámetro de las plántulas tiende a disminuir, hecho que se podría in--

interpretar como una correlación negativa entre el tiempo de irradiación y el diámetro de las plántulas, cosa que no sucede con los tratamientos irradiados con luz roja.

#### Análisis de varianza.

El análisis de varianza para este aspecto se presenta en la tabla 32. Este muestra que las diferencias encontradas entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la Fc (3.2369) es mayor que los valores de la Ft tanto al nivel de 5% (1.73) como para el nivel de 1% (2.14).

#### Comparación de medias.

Para la significación de diferencias entre tratamientos se empleó la prueba de la D.M.S., la cual se presenta en la tabla 33 con niveles de significancia del 5% y 1%.

En esta se puede apreciar que el tratamiento testigo es estadísticamente igual a todos los tratamientos excepto al tratamiento irradiado durante 8 horas (con el que es estadísticamente inferior) y al tratamiento expuesto a irradiación con luz rojo lejano continua (con el que es estadísticamente superior). En general no existen diferencias significativas entre los demás tratamientos.

#### Análisis del contenido de clorofila "a".

Los resultados se resumen en la tabla 34 y se aprecian gráficamente en la figura 27.



En la tabla 34 se puede observar que sólo 4 de los tratamientos establecidos (3, 5, 6 y 7 horas bajo irradiación con luz rojo lejano) tuvieron un promedio inferior al testigo (1.7888 g/ml), haciendo notar que bajo irradiación con luz roja se presenta el mismo fenómeno exceptuando al tratamiento con tres horas de irradiación.

En la figura 27 se observa además de los promedios de los tratamientos irradiados con luz rojo lejano, los de los irradiados con rojo. En esta se aprecia que todos los promedios de los tratamientos con luz rojo lejano fueron superiores a los obtenidos bajo irradiación con luz roja, lo que sugiere que la luz rojo lejano estimula la formación de clorofila "a" en plántulas de esta especie en grado mayor que la luz roja. Cabe aclarar que ambas gráficas tienden hacia una correlación positiva entre el tiempo de irradiación y el contenido de clorofila "a".

#### Análisis de varianza.

El análisis de varianza para este factor se presenta en la tabla 35, el que indica que las diferencias encontradas entre los tratamientos son altamente significativas, ya que el valor de la Fc (301.45) es superior a los valores de la Ft tanto al nivel de probabilidad de 5% (2.09) como para el nivel de 1% (2.85).

#### Comparación de medias.

Para esta prueba se empleó el método de la D.M.S., y se presenta en la tabla 36 con niveles de significancia de 5% y 1%. En esta se puede apreciar que el tratamiento testigo presenta igualdad estadística frente a los tratamientos

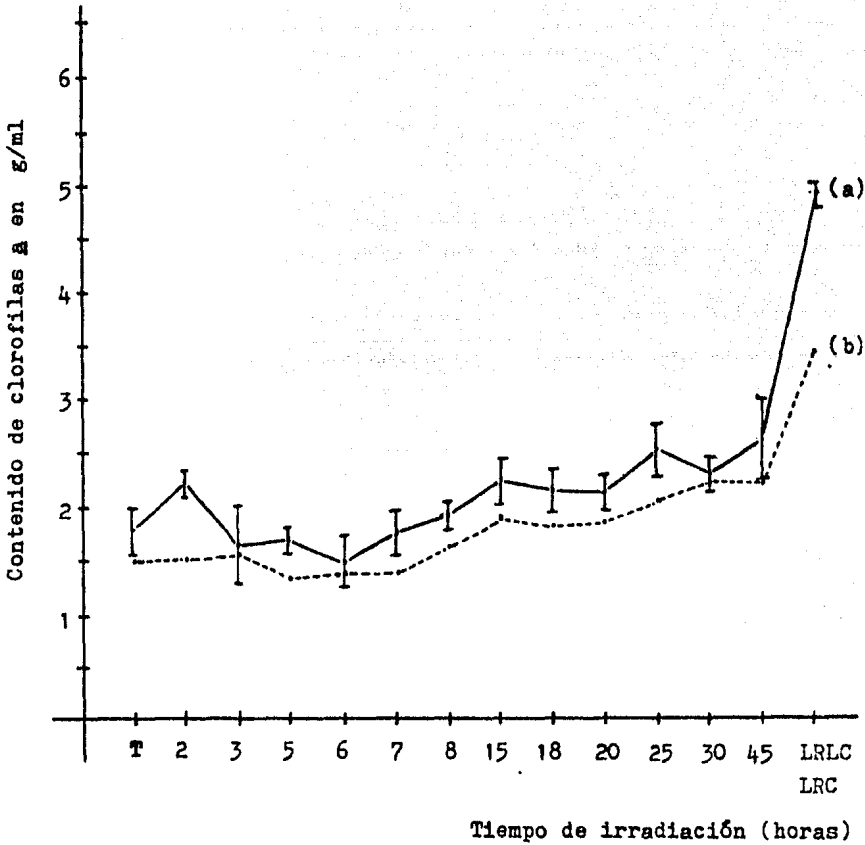


Fig. 27. (a) Contenido de clorofila "a" en plántulas de *S. griseus* de 12 -- días de edad vs. tiempo de irradiación con luz rojo lejano.  
 (b) Contenido de clorofila "a" de los tratamientos irradiados con luz roja.  
 Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

con 3, 5, 7 y 8 horas bajo irradiación con luz rojo lejano; que es estadísticamente superior al tratamiento con 6 horas y es estadísticamente infe--

rior a los demás tratamientos.

El tratamiento que mostró mayor eficiencia en el proceso de acumulación de --  
clorofila "a" bajo irradiación con luz rojo lejano fue el continuo, seguido --  
del irradiado durante 45 horas y el de 25 horas. Los tratamientos con 2, 15,  
18, 20 y 30 horas resultaron estadísticamente iguales entre sí.

Análisis del contenido de clorofila "b".

Los resultados se resumen en la tabla 37 y se aprecian gráficamente en la fi--  
gura 28.

En esta tabla se aprecia que los tratamientos irradiados durante 3, 5, 6, 7 y  
20 horas con luz rojo lejano tuvieron menor contenido de clorofila "b" que el  
tratamiento testigo; mientras que para los tratamientos irradiados con luz ro-  
ja este fenómeno se prolonga a tiempos de 2, 3, 5, 6, 7, 8, 18 y 20 horas de  
irradiación.

En la figura 28 se observa, además de los promedios de los tratamientos irra-  
diados con luz rojo lejano, los de los tratamientos irradiados con luz roja. -  
En esta se aprecia que todos los tratamientos con luz rojo lejano fueron supe-  
riores a los obtenidos bajo irradiación con luz roja, exceptuando al trata- -  
miento con 30 horas de irradiación. Nótese que en la gráfica de luz rojo le-  
jano existen mayores diferencias entre los tratamientos y que el incremento - -  
entre el tratamiento testigo y el de irradiación continua es mucho más drásti-  
co que en el de la luz roja. La tendencia que muestra esta gráfica es una li-  
gera correlación positiva entre el contenido de clorofila "b" y el tiempo de -  
irradiación.

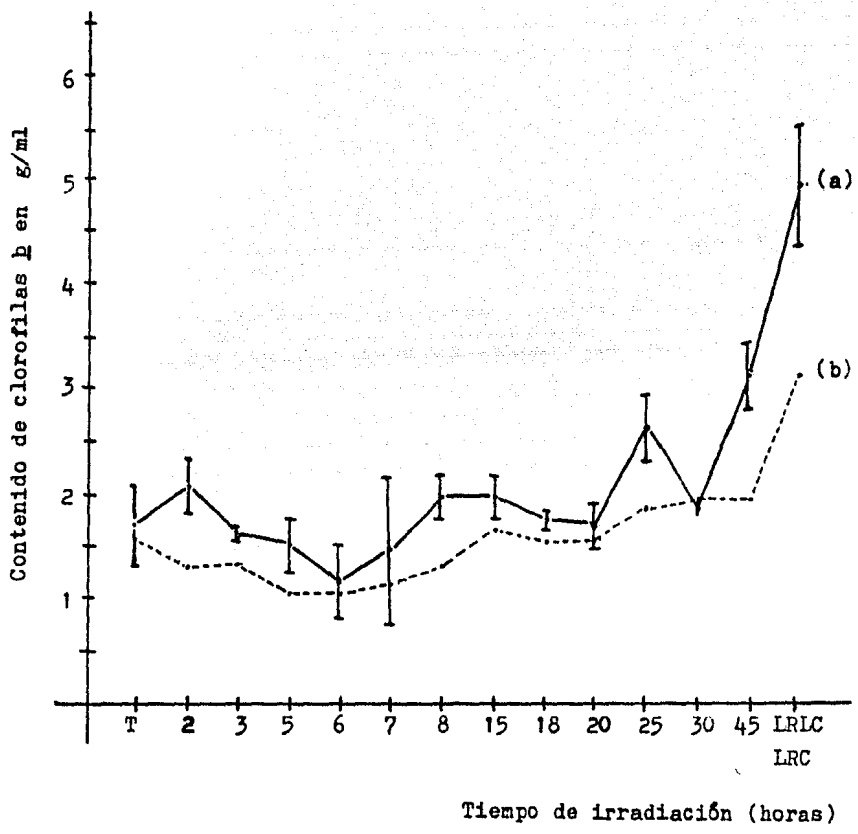


Fig. 28. (a) Contenido de clorofila "b" en plántulas de *S. griseus* de 12 días de edad vs. tiempo de irradiación con luz rojo lejano. (b) Contenido de clorofila "b" de los tratamientos irradiados con luz roja.

Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%

### Análisis de varianza.

La tabla 38 muestra el análisis de varianza para el contenido de clorofila "b". En esta se aprecia que las diferencias entre los tratamientos son altamente -- significativas, ya que el valor de la Fc (27.8) es mayor a los valores de la Ft tanto al nivel de significancia del 5% (2.09) como para el del 1% (2.85).

### Comparación de medias.

La D.M.S. fué el método utilizado para esta prueba y se puede observar en la tabla 38 con niveles de significancia del 5% y 1%.

En esta tabla se puede observar que el tratamiento testigo resultó estadísticamente igual a los tratamientos irradiados con 2, 3, 5, 7, 8, 15, 18, 20 y 30 horas; estadísticamente superior al tratamiento con 5 horas de irradiación, este caso al igual que para el contenido de clorofila "a" y estadísticamente inferior a los demás tratamientos.

Como en el caso de la clorofila "a", el tratamiento que mejor respondió al estímulo luminoso con luz rojo lejano fue el de irradiación continua, seguido por los tratamientos con 25 y 45 horas de irradiación, los cuales tuvieron igual comportamiento. Los tratamientos irradiados durante 2, 8 y 15 -- horas tuvieron mediana respuesta a dicho estímulo. El tratamiento con 6 -- horas de irradiación fué estadísticamente inferior a todos los tratamientos.

### Relacion entre clorofila "a" y "b".

La tabla 40 muestra la relación entre clorofila "a" y "b" utilizando como

estímulo luminoso luz rojo lejano. En ella se aprecia (a diferencia de la relación empleando luz roja) que no hay un indicador que sugiera la influencia entre la fuente de luz y el mayor contenido de alguna de las dos clorofilas, en esta tabla no se guarda uniformidad entre los tratamientos irradiados y el - - testigo.

Lo anterior indica que la luz rojo lejano no influye en la acumulación de clorofila "a" a pesar que la mayoría de los tratamientos tienden a conservar una relación superior a 1.

#### Análisis de correlación.

a) Longitud vs. diámetro: Este análisis se puede observar en la tabla 41 e indica que sí existe asociación entre estos parámetros fisiotécnicos, esta es una correlación positiva, estadísticamente significativa. Considerando esta y la prueba de correlación con luz roja (tabla 22), se observa que sí existe diferencia entre ambas, ya que mientras esta presenta significancia estadística, la de luz roja no la presenta.

b) Clorofila "a" vs. clorofila "b": La tabla 42 muestra la correlación entre estos dos parámetros, en ella se aprecia que (al igual que en la prueba con luz roja) la correlación es significativa y positiva, es decir, que en la medida que se incrementa el contenido de clorofila "a" aumenta también el de la clorofila "b".

c) Clorofila "a" vs. longitud: La tabla 43 presenta el análisis de correlación para estos parámetros. En esta se aprecia que (al igual que en la prueba con luz roja) la correlación es negativa y significativa, ya que el valor

absoluto obtenido (-0.5339) es mayor que el de los valores críticos de coeficientes de correlación.

- d) Clorofila "a" vs. diámetro: Esta prueba se puede observar en la tabla 44 e indica que existe correlación negativa entre estos dos parámetros, es decir, que el contenido de clorofila "a" es mayor en plántulas de mayor diámetro. - Nótese que en la prueba de luz roja (tabla 25) no existe asociación entre -- estos dos aspectos fitotécnicos.
- e) Clorofila "b" vs. longitud: Esta prueba se presenta en la tabla 45. En ella se observa que (al igual que en la prueba con luz roja) existe correlación - negativa entre estos aspectos. Nótese que el grado de asociación que presenta con luz rojo lejano es menor que el presentado con luz roja.
- f) Clorofila "b" vs. diámetro: La tabla 46 muestra la correlación entre estos dos aspectos fitotécnicos. Como se puede observar (al igual que en la prueba de clorofila "a"), existe una correlación negativa y significancia entre ello, hecho que no se presenta en la prueba con luz roja (tabla 27) ya que aquí no hay correlación entre estas variables.

Como se puede observar en las tablas correspondientes al análisis de varianza. para cada uno de los parámetros utilizados en la evaluación, todos presentan alta significancia, mucho mayor a la que se esperaba, esto es consecuencia -- de los valores tan disparados que se presentan entre el valor menor y el mayor, hecho que se aclara posteriormente en la comparación de medias.

Los resultados más relevantes de las pruebas realizadas para determinar el -- tiempo óptimo de irradiación con luz roja (para lograr la deestiolación) y luz rojo lejano (para mantener la etiología) se resumen a continuación:

LUZ ROJA

LUZ ROJO LEJANO

## L O N G I T U D

No hubo diferencias entre tratamientos sólo con luz de día, encontrándose además la menor longitud de -- plántulas.

La menor longitud corresponde a irradiación continua; todos los tratamientos tuvieron menor longitud que el -- testigo en oscuridad.

## D I A M E T R O

El comportamiento es muy irregular, gráficamente se aprecia que el mayor diámetro se presenta con luz -- de día y con 25 horas de irradiación; el menor diámetro se encontró en el testigo y con luz roja continua.

Comportamiento irregular, generalmente se encontró menor diámetro que en -- los tratamientos con luz roja.

## C L O R O F I L A "A"

Aumenta con la irradiación, la mayor concentración es con luz roja continua y luz de día; se encuentra marcada diferencia con 45 horas de irradiación; todos los tratamientos restantes son estadísticamente iguales.

A mayor tiempo de irradiación, mayor -- concentración; la cantidad es mayor que la encontrada con luz roja. La mayor -- concentración se encuentra con irradiación continua, seguida de la de 45 horas; los demás no presentaron diferencia significativa con respecto al testigo.



## C L O R O F I L A " B "

Se encuentra menor cantidad que -  
clorofila "a"; la mayor concentra-  
ción se encuentra con luz de día -  
seguida de 30 y 45 horas de irra-  
diación.

Notable distinción entre el testigo  
e irradiación continua; prácticamente  
sin diferencias entre testigo y los -  
demás tratamientos.

## R E L A C I O N E N T R E C L O R O F I L A

"A" Y "B"

Mayor contenido de clorofila "a" -  
con luz de día y testigo mayor con-  
tenido de clorofila "b". La luz --  
roja ñ parecer favorece la forma-  
ción de clorofila "a" evitando su  
transformación a "b".

No hay relación con el mayor conteni-  
do de cualquiera de las dos. La luz  
rojo lejano no influye en la acumula-  
ción de clorofila "a".

## C O R R E L A C I O N E S

Longitud vs. diámetro. Sin correla-  
ción.

Longitud vs. diámetro: Correlación -  
positiva.

Clorofila "a" vs. clorofila "b".  
Correlación positiva.

Clorofila "a" vs. clorofila "b". Co-  
rrelacion positiva.

Clorofila a vs. longitud: Correla-  
ción negativa.

Clorofila "a" vs. longitud: Correla-  
cion negativa.

Clorofila "a" vs. diametro: Sin --  
correlación.

Clorofila "a" vs. diámetro: Correla-  
ción negativa.

Clorofila "b" vs. longitud: Corre-  
lación negativa.

Clorofila "b" vs. longitud: Correla-  
ción negativa.

Clorofila "b" vs. diámetro: Sin --  
correlación.

Clorofila "b" vs. diametro: Correla-  
ción negativa.

## V. ANALISIS Y DISCUSION.

La germinación de *S. griseus* bajo condiciones de laboratorio es un proceso que requiere condiciones específicas de luz, temperatura y humedad, sin importar el sustrato sobre el cual ésta se lleve a cabo. Los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto al porcentaje de germinación, caen dentro del intervalo de confianza reportado por Martínez H. (1983), lo que reafirma que siguiendo las recomendaciones hechas por este autor se obtiene el máximo porcentaje de germinación.

La única variación que se presentó fue en la velocidad de germinación, resultando mayor en el presente experimento. Lo anterior puede explicarse si se considera que entre otras, una de las características de la vermiculita es la de ser altamente higroscópica y térmicamente más estable que ningún otro material (Buckman and Brady, 1977); su alta higroscopía permite que las semillas se mantengan constantemente húmedas. Hay que recordar que el agua promueve la primera fase de la germinación activando sistemas enzimáticos preexistentes. A partir de este momento el agua es necesaria para el desarrollo normal de todo el proceso de germinación, así como de las subsecuentes fases fenológicas por las que atravesará la planta hasta la formación de sus semillas.

En relación al aspecto de la "deetiología" de las plántulas de *S. griseus*, objetivo principal de este trabajo, es necesario mencionar que Akio Kanya et al. (1981); Dei Mitsuru (1981); Yamamoto Yukio et al. (1981); Siegrid Schoca (1980), entre otros, cuando trabajaron aspectos relacionados con la etiología y deetiología en algunas especies vegetales (maíz trigo, cebada y arroz), el parámetro que utilizaron fue el análisis cuantitativo de pigmentos en los tejidos potencialmente verdes, por lo que uno de sus objetivos fue la

Obtención de plántulas con mayor área foliar.

Tomando como base lo anterior, y debido al pequeño tamaño de las plántulas de *S. griseus*, se pretendió obtener ejemplares más grandes que facilitaran su manejo y que posiblemente respondieran mejor al estímulo luminoso.

Se encontró que las plántulas que respondieron mejor a la irradiación con luz roja durante 24 horas fueron las que tenían tres días de emergidas; éstas mostraron el mayor diámetro, así como una coloración verde característica de las plántulas deetioldas. El diámetro se tomó como un indicador de mayor área foliar, lo que resultará en un mayor volumen de tejido potencialmente verde que logrará percibir el estímulo luminoso y en consecuencia se deetirole, respuesta que efectivamente se presenta en esta prueba, pues las plántulas con 1 y 2 días de emergidas permanecen deetioldas a pesar de recibir la irradiación. Con esto se establece que la edad mínima que deben tener las plántulas para lograr deetioldarse es de 3 días.

Cabe mencionar que al considerar el parámetro "longitud" se presentó una igualdad estadísticamente comprobada entre los tratamientos con 4 y 5 días de edad y entre los de 3 y 4 días; lo anterior sugiere que esta especie presenta dos fases de crecimiento, una lineal hasta aproximadamente los 3 días de edad y otra más lenta después de este período.

Es también conveniente citar lo que establece Thompson, quien en 1951 trabajó con plántulas de avena cuyas edades oscilaban entre 1 y 5 días. Encontró que si éstas eran irradiadas con luz blanca cuando tenían 1 ó 2 días de edad, las

las células jóvenes del coleoptilo entraban en una fase de elongación más rápida; mente que aquellas que permanecen en oscuridad, teniendo la luz en este caso un efecto promotor sobre la elongación. Por otro lado, si las plántulas eran irradiadas con luz blanca cuando tenían 4 ó 5 días de edad, las células ya están -- elongadas y en este caso la luz no ejerce efecto sobre la elongación. Es por -- ello que también se sugiere que en *S. griseus* el comportamiento mostrado en cuanto a su crecimiento puede deberse a la edad a la cual las plántulas fueron sometidas a la irradiación.

En general el crecimiento de esta especie es muy lento, y esto se ve reforzado por las observaciones del crecimiento de plántulas bajo condiciones de luz continua a partir de su emergencia.

La bibliografía menciona que el fitocromo es el responsable del disparo del proceso conocido como deetiación. Conociendo ya las características de fototransformación del fitocromo, así como que la conformación Pfr es la fisiológicamente activa, se supuso en este experimento que al irradiar con luz roja las plántulas de 3 días de emergidas (edad mínima para responder), éstas respondan favorablemente al estímulo luminoso deetiándose, y mostrando consecuentemente características tales como: menor longitud, mayor diámetro y mayor concentración de clorofilas, cuando se comparan con un tratamiento testigo en oscuridad así como con tratamientos irradiados con luz rojo lejano, los cuales deberán permanecer etiolados.

En cuanto a la longitud de las plántulas, se observó que utilizando luz roja -- no hubo diferencias entre los tratamientos con relación al testigo en oscuridad, esto es, la longitud entre testigo y tratamientos irradiados es estadísti-

camente igual; la única diferencia relevante fue que las plántulas crecidas bajo luz de día continua si redujeron su crecimiento.

Beggs C.J. et. al. (1979) determinaron que en *Sinapsis alba*, la máxima tasa de inhibición del crecimiento del hipocotilo en plántulas crecidas bajo irradiación blanca se presenta en la región roja del espectro (667) nm, resultados similares a los obtenidos en este experimento cuando se irradiaron las plántulas con luz de día continua, obteniéndose una reducción en el crecimiento en longitud. El hecho de que en las pruebas de irradiación con luz roja únicamente no se haya detectado una disminución en el crecimiento, puede fundamentarse en el supuesto de que la cantidad de ambas conformaciones del fitocromio no es la adecuada para promover la respuesta, pues posiblemente la mayor cantidad estará bajo su conformación Pfr, que aunque sea la conformación fisiológicamente activa no promoverá la respuesta sino hasta que alcance un cierto equilibrio específico entre sus dos conformaciones Pr y Pfr. Es necesario considerar la serie de transformaciones del fitocromo,  $Pr \rightleftharpoons Pfr$  como consecuencia de la incidencia de luz de longitud de onda de 660 ó 730 nm y  $Pfr \rightarrow Pr$  como una reversión oscura. Si se toma esto en consideración, es lógico pensar que se requiere la presencia tanto de la luz roja y rojo lejano, como de la oscuridad.

Cuando la fuente luminosa fue el rojo lejano, la diferencia principal detectada se relacionó con las plántulas del testigo en oscuridad, quienes tuvieron la mayor longitud, resultado que no va de acuerdo a lo esperado. Beggs, C.J. et. al. (1979), encontraron que cuando las plántulas crecen en la oscuridad, la inhibición del crecimiento del hipocotilo se presenta a 716 nm (mas cercano al rojo lejano); recuérdese que en el caso de este experimento, las plántulas, antes y después de la irradiación permanecieron en oscuridad. Asimismo, Mohr (1974), trabajando con *Lactuca sativa*, determinó que la luz rojo lejano inhibió en for-

ma significativa la elongación del hipocotilo.

Como ya se mencionó en varias ocasiones, los resultados obtenidos no son los esperados (excepto lo encontrado con las plántulas crecidas en luz de día). Una explicación a lo anterior sería recomendable vislumbrarla más bien en términos de la adaptación de los organismos a su medio, quizá específicamente en relación a la presencia del día y la noche.

Puede decirse entonces que, la luz de día tiene longitudes de onda tanto del rojo como del rojo lejano, por ello se están presentando constantes transformaciones de  $Pr \longleftrightarrow Pfr$  y por ende se pudo en un momento determinado alcanzar el equilibrio necesario y se dió la respuesta característica de la deetiación, en este caso específico la disminución en el crecimiento en longitud.

La respuesta de una planta no sólo depende de las condiciones ambientales que la rodean, sino también de las condiciones propias del individuo, entre las que se puede citar a la edad; mientras mayor sea la planta, la efectividad de la luz rojo lejano para mantener la etiación será también mayor (Black, M., 1974; José A.M., et. al., (1971) . Esto puede explicar el extraño comportamiento detectado en las plántulas irradiadas con luz rojo lejano, recuérdese que esta longitud de onda inhibió el crecimiento en longitud. Posiblemente las plántulas respondan manteniendo la etiación si en lugar de irradiarlas al tercer día de emergidas se irradian a mayor edad.

Por lo que respecta al diámetro de las plántulas, los valores obtenidos fueron muy irregulares, esto es, que no se detecta una tendencia definida, tanto en luz roja como en luz rojo lejano.

Lo más relevante fue lo relativo al tratamiento de luz de día, el cual presentó el mayor diámetro, lo que va acorde con las características que presenta una planta deetiollada, es decir, menor longitud y mayor diámetro. La explicación queda implícita en el fotoequilibrio que se establece entre las dos conformaciones del fitocromo por la presencia de las longitudes de onda tanto del rojo como del rojo lejano, existentes en la porción visible del espectro electromagnético.

En relación a los resultados obtenidos con irradiación continua con luz rojo lejano, fue en este tratamiento en el que se encontró el mayor diámetro, resultando estadísticamente diferente al testigo. El que se encuentre un mayor diámetro en las plántulas irradiadas con luz rojo lejano continuo contradice el hecho de que este tipo de luz mantiene la etiollación, entre cuyas características se encuentran las de mantener plántulas con un diámetro pequeño; nuevamente este comportamiento puede explicarse con lo establecido por - - José A.M. (1977) y Black M. (1974) quienes hacen alusión a la efectividad del rojo lejano para mantener la etiollación cuando las plántulas tienen cierta edad.

La deetiollación de plántulas se determina mediante cambios de coloración del blanco al verde. Los cambios bioquímicos que ocurren durante esta transformación son principalmente la síntesis de clorofilas, antocianinas y otros pigmentos que son los que dan coloración a las plantas (Mohr, 1972). En relación a la concentración de clorofilas "a" y "b" se observó lo siguiente:

1. A medida que aumenta el tiempo de irradiación con luz roja, la concentración de clorofilas se ve incrementada.

Esto se puede explicar si se considera que la luz estimula la síntesis de clorofilas (en este experimento al parecer en forma directamente proporcional). La luz se requiere para la reducción de protoclorofila "a" a clorofila "a" y también para la síntesis del precursor de la protoclorofila (ácido delta-amino -- levulónico ALA), el cual sólo se sintetiza en presencia de luz (Salisbury, 1978).

La bibliografía menciona que en el proceso de deetiolación, y por ende en la síntesis de clorofilas, está involucrado el fitocromo. La aparición de clorofila está relacionada con la irradiación con luz roja, la cual promueve la transformación del fitocromo de su conformación Pr (fisiológicamente inactiva) a Pfr (fisiológicamente activa) responsable de promover respuestas diversas (germinación, deetiolación, etc.).

2. La mayor concentración de clorofila se presenta bajo la condición de irradiación continua con luz de día.

Lo anterior concuerda con lo mencionado por Mitsuru Dei (1981) quien afirma que el contenido de clorofilas de cualquier planta desarrollada bajo condiciones de luz blanca continua siempre es mayor que aquellas crecidas bajo condiciones normales; esto es, bajo condiciones de una cierta cantidad de horas luz y horas oscuridad.

3. Las plántulas irradiadas con luz rojo lejano presentan cantidades similares, si no es que iguales, de clorofilas con las plántulas irradiadas con luz roja

Kasemir et. a. (1973) mencionan que la acción inductora de la luz roja, rever-



sible por luz rojo lejano en la síntesis de clorofilas, aún no es muy clara -- porque el criterio operacional para involucrar al fitocromo en las respuestas a la luz, y específicamente en la relacionada con la acumulación de clorofilas, aún no está bien definida.

Richter (1971) menciona que en muchas plantas superiores, la transformación - de protoclorofila "a" a clorofila "a" depende de la luz; en algunas especies, sin embargo, se forman trazas de clorofila "a" también al permanecer las - plantas continuamente en la oscuridad. Esto podría explicar la presencia de clorofilas en plántulas irradiadas con luz rojo lejano y plántulas mantenidas en oscuridad, pero no explica el hecho de que en esta prueba la acumulación - de clorofila sea igual a la encontrada en las pruebas con luz roja.

Para explicar lo anterior, es de utilidad considerar que Gassman y Bogard (1967) mencionan que la deetiación de plántulas bajo luz blanca continua considera 3 etapas:

1. Fotoconversión de protoclorofila "a" acumulada a clorofila "a".
2. Fase de acumulación de otros pigmentos tales como carotenoides.
3. Período de rápida síntesis de clorofilas que puede continuar incluso una vea alcanzados los niveles de pigmentos de una hoja verde normal.

Considerando lo anterior, puede pensarse que:

1. La clorofila cuantificada sea producto de la transformación de las protoclorofilas acumuladas, es decir, que existen ya de por sí en el embrión, a clorofilas "a". Esto explicaría incluso la presencia de clorofilas en concentraciones similares en las plántulas irradiadas con luz rojo lejano e incluso las del testigo en oscuridad.

Lo anterior no contradice el hecho de que el fitocromo esté involucrado en la deetiolación, específicamente en relación con la presencia de clorofilas. El fitocromo está involucrado con la síntesis de clorofilas durante la tercera fase que contemplan Gassman y Bogard (1967) en la deetiolación de plántulas, lo que lleva necesariamente a un aumento en la cantidad de clorofilas.

El papel del fitocromo en la síntesis de clorofilas se podría explicar considerando el mecanismo de acción postulado para el proceso de germinación, en el cual se involucra la acción de las giberelinas. El fitocromo, una vez que ha alcanzado un fotoequilibrio inducido por la calidad y cantidad de luz requerida para lograr este fin, promueve la liberación de alguno de tantos tipos de giberelinas que existen, mismas que actuarán como inductores genéticos para la síntesis de los precursores de la clorofila, lo anterior no se logrará sino hasta que la planta alcance cierta edad, lo cual se apoya con lo mencionado por Akulovich (1970), quien establece que el desarrollo completo de la protoclorofila durante la etiolación es un factor dependiente de la edad.

## C O N C L U S I O N .

No es posible decir que una planta se encuentra deetioldada simplemente por que presente una coloración verde, ya que dicha coloración puede ser resultado de la transformación de las protoclorofilas ya existentes hacia clorofila "a". -- Es necesario que se lleve a cabo la síntesis de clorofilas y que se presenten cambios morfológicos principalmente los relativos al incremento en el área - - foliar (aumento en el diámetro).

Lo anterior es consecuencia de la expresión del genoma, mismo que fue inducido por alguna sustancia (v.g. giberelinas) cuya presencia se debe a su liberación de los sitios en que se encuentra compartamentalizada, liberación relacionada con una alteración en la permeabilidad de la membrana que promueve el fitocromo. Para lograr dicha alteración es necesario que exista un equilibrio en-- tre sus dos conformaciones, lo cual se logra cuando la cantidad y calidad de luz son las adecuadas, y ¿qué mayor adecuación que las condiciones naturales de -- "día y noche"?

RECOMENDACIONES.

1. Para comprobar plenamente la participación del fitocromo en la deetiólación de esta especie, sería conveniente experimentar con irradiaciones alternadas de luz roja y luz rojo lejano en plántulas con edades superiores a las trabajadas en este experimento.
2. Es conveniente llevar a cabo un análisis bromatológico de los frutos de *S. griseus* para conocer a ciencia cierta sus características alimenticias.
3. Establecer plantaciones experimentales a partir de semilla para conocer otros aspectos de la fenología de esta especie, así como estudiar las características de su germinación y deetiólación en condiciones de campo. Lo anterior tendría además como objetivo el crear un vivero en la FES Cuautitlán, que genere la posibilidad de distribuir plantas de *S. griseus* a zonas con potencialidad y necesidad de producir.
4. Hacer estudios en el aspecto de mejoramiento genético.
5. Evaluar su potencialidad como especie para la reforestación de zonas semi-áridas con problemas de erosión de suelos.

## LITERATURA CITADA

1. Akulovich N.K., T.N. Godney and K.I. Orlovskaya (1970). SPECTRAL CHANGES IN THE PROTOCHLOROPHYLL (IDE) HOLOCHROME OF ETIOLATED LEAVES DURING ITS -- FORMATION. Dokl Akad Nauk, S.S.S.R. 191:1406-1409
2. Anónimo (1926). ZONAS PRODUCTORAS DE SITAHAYA. Boletín mensual - Departamento de Economía y Estadística. Dirección de Agricultura y Ganadería, México. 1(1)5: 108-110
3. Anstis, P.J.P., Friend J., and D.C.J. Gardner (1975) THE ROLE OF XANTHOXIN IN THE INHIBITION OF PEA SEEDLING GROWTH BY RED LIGHT. Phytochemistry 14: 31-35
4. Ballester Olmos, J.F. (1978) LOS CACTOS Y LAS OTRAS PLANTAS SUCULENTAS. -- Plazaprint, España. p.p. 12-24
5. Barthelemy R.J., J.R. Dawson Jr., and A.E. Lee (1975). TECNICAS PARA EL LABORATORIO DE BIOLOGIA. C.N.E.B., CECSA. México. p.p. 107-127.
6. Bedoya Meza, R. (1981). LAS ZONAS ARIDAS DE MEXICO Y EL APROVECHAMIENTO DE ALGUNOS DE SUS RECURSOS VEGETALES NATIVOS. Tesis (Ing. Agrícola) UNAM, -- FES. Cuautitlán. p.p. 5-34.
7. Beggs, C.J., M.G. Holmes, M. Jabben, and E. Schafer (1980). ACTION SPECTRA FOR THE INHIBITION OF HYPOCOTYL GROWTH BY CONTINUOUS IRRADIATION IN LIGHT AND DARK-GROWN *Sinapsis alba* L. SEEDLINGS. Plant Physiol. 66:615-618
8. Black M., and J.E. Shuttlesworth (1974) THE ROLE OF COTYLEDONS IN THE - - PHOTOCNTROL OF HYPOCOTYL EXTENSION IN *Cucumis sativus* L. Planta 117:57-66
9. Brailovsky H.A. y C.A. Sánchez (1981) INSECTOS HUESPEDES DE LOS CACTOS. Cact. Succ. Méx. XXVI, México. p.p. 86-92
10. Bravo-Hollis, H. (1978) LAS CACTACEAS DE MEXICO. UNAM, México. p.p. 567-571, 578-580
11. Britton N.L., and J.N. Rose (1963) THE CACTACEAE: DESCRIPTIONS AND ILLUSTRATIONS OF PLANTS OF THE CACTUS FAMILY. Dover Publications, Inc., New York, -- U.S.A. Vol. II p.p. 86-88
12. Buchanan, B.B. (1980) ROLE OF LIGHT IN THE REGULATION OF CHLOROPLAST ENZIMES Ann. Rev. Plant. Physiol. 31:341-374
13. Buckman H.D. and C. Brady (1977) NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS. - - Barcelona: Montainer y Simon. p.p. 297-329
14. Cedel, T.E., and S.J. Roux (1980). MODULATION OF MITOCHONDRIAL FUNCTION BY OAT PHYTOCHROME IN VITRO. Plant Physiol. 66:704-709
15. Cota Sánchez, J.H. (1982) DESCRIPCION MORFOLOGICA DE PLANTULAS DE *Cereus* sp. Cact. Succ. Mexc. XXVII, México. p.p. 82-85

16. Dei M., and H. Tsuji (1978) THE INFLUENCE OF VARIOUS PLANT HORMONES ON THE STIMULATORY ACTION OF RED LIGHT ON GREENING IN EXCISED ETIOLATED COTYLEDONS OF CUCUMBER COTYLEDONS
17. Dei M. (1981) EVIDENCE THAT ETHYLENE IS NOT INVOLVED IN RED LIGHT INDUCED - STIMULATION OF CHLOROPHYLL FORMATION IN ETIOLATED CUCUMBER COTYLEDONS. *Plant Cell Physiol.* 22(4) 699-707
18. Evans A. (1976) ETIOPLAST PHYTOCHROME AND ITS IN VITRO CONTROL OF GIBBERELLIN EFFLUX. Páginas 129-142 en H. Smith Ed., *Light and Plant Development*. Butterworth and Co. LTD London.
19. Galston, A.W. (1968) *THE GREEN PLANT*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. USA p.p. 76-82
20. Galston, A.W. and Y. Dai (1981) SIMULTANEOUS PHYTOCHROME CONTROLLED PROMOTION AND INHIBITION OF ARGININE DECARBOXYLASE ACTIVITY IN BUDS AND - - EPICOTYLS OF ETIOLATED PEAS. *Plant Physiol.* 67:266-269
21. Gassman M., and L. Board (1967) CONTROL OF CHLOROPHYLL PRODUCTION IN - - RAPIDLY GREENING BEA LEAVES. *Plant Physiol.* 42:774-780
22. Glass C., and R. Foster (1976) *CACTI AND SUCULENTS FOR THE AMATEUR*. Abbey Garden Press, USA. p.p. 16-23
23. Hartmann, H.T. y D.E. Kester (1975) *PROPAGACION DE PLANTAS: Principios y -- Prácticas*. CECSA México. p.p. 765-773
24. José A.M., and D. Vince-Prue (1977) ACTION SPECTRA FOR THE INHIBITION OF -- GROWTH IN RADISH HYPOCOTYLS. *Planta* 136:131-134
25. Kamiya A., I. Ikegami, and E. Hase (1981) EFFECTS OF THE LIGHT ON CHLOROPHYLL FORMATION IN CULTURED TOBACCO CELL. I. Chlorophyll accumulation under blue and red light. *Plant Cell Physiol.* 22(8):1385-1396
26. Kasemur, H., U. Oberdorfer, and H. Mohr (1973) A TWO FOLD ACTION PHYTOCHROME IN CONTROLLING CHLOROPHYLL "A" ACUMULATION. *Photochem. Photobiol.* 18:481-86
27. Kriedemann P.E. (1975) *PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT*. 2a. ed. Mc. Graw-Hill. Book Co. USA. p.p. 174-187
28. Martínez Holguín, E. (1983) DETERMINACION DE ALGUNOS PARAMETROS AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA RUPTURA DE LA LATENCIA EN SEMILLAS DE *Stenocereus griseus* (Haw) Ruxbaum (pitayo de mayo). Tesis (Biología) UNAM. ENEP Iztacala. - - México. p.p. 14-16, 27-39, 88-102
29. Martínez, M. (1979) *CATALOGO DE NOMBRES VULGARES Y CIENTIFICOS DE PLANTAS -- MEXICANAS* F.C.E. México, p.p. 739-742

30. Mededelingen Landbouwhogeshool Wageningen 76-I (1976) THE PHOTOMORPHOGENETIC EFFECT OF LIGHT ON THE GROWTH OF ETIOLATED PLANTS. USA. p.p. 1-16 58-78
31. Milthorpe, F.L., and J. Moorby (1974) AN INTRODUCTION TO CROP PHYSIOLOGY. Cambridge University Press. Great Britain p.p. 110-123
32. Mohr H., M. Masoner, and G. Unser (1972) ACUMULATION OF PROTOCHLOROPHYLL AND CHLOROPHYLL "A" AS CONTROLLED PHOTOMORPHOGENETICALLY EFFECTIVE - - LIGHT. *Planta* 105:267-270
33. Moht H. (1974) THE ROLE OF PHYTOCHROME IN CONTROLLING ENZYME LEVELS IN PLANTS. p.p. 31-81 in J. Paul Ed. The biochemistry of cell diferentiation M.T.P. International Review of Science Vol. 9. London England.
34. Pratt, L.H., R.A. Coleman, and J.M. MacKenzie, Jr. (1976) IMMUNOLOGICAL VISUALIZATION OF PHYTOCHROME. Pag. 75-94 en H. Smith Ed. Light and Plant Development. Butterworth & Co., London.
35. Rajasekhar V.K., L.V.M. Rao, et. al. (1981) PHYTOCHROME CONTROL OF - - CHLOROPHYLL AND CAROTENOIDS ACUMULATION IN Sorghum bicolor. *Plant Cell Physiol.* 22(5):773-780
36. Rickert, F.B. (1971) EFECTO DE LA LUZ Y OTROS FACTORES EN LA GERMINACION DE LAS SEMILLAS. En: Problemas de Investigación Botánica. C.N.E.B. Limusa Wiley, México. p.p. 281-283
37. Richter, G. (1971). FISIOLOGIA DEL METABOLISMO DE LAS PLANTAS. CECSA, - - México. página 383.
38. Ross, W.C. (1974) PLANT PHYSIOLOGY LABORATORY MANUAL. Wadsworth Publishing Co. Inc., Belmont Cal. USA. plp. 165-170
39. Rzedowski, J. (1978) VEGETACION DE MEXICO. Limusa, México. p.p. 8-27
40. Salisbury F.B., and Ross O.W. (1978) PLANT PHYSIOLOGY. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, Cal. USA. p.p. 224-232, 240-258, 290-303, 395-397
41. Schoca S., C. Hehlein, and W. Rudiger (1980) INFLUENCE OF ANAEROBIOSIS ON CHLOROPHYLL BIOSYNTHESIS IN GREENING OAT SEEDLINGS (*Avena sativa* L.) *Plant Physiol.* 66:576-579
42. Shimazaki Y., L.H. Pratt, Y. Moriyasu, and M. Furuya (1981) ISOLATION OF THE RED-LIGHT-ABSORBING FORM OF PHYTOCHROME FROM LIGHT-GROWN PEA SHOOTS. *Plant Cell. Physiol.* 22(7):1165-1173
43. Stephen O.D., D.H. Netzley and J.W. MacClure (1981) TISSUE LOCALIZATION OF PHYTOCHROME IN DARK-GROWN BARLEY LEAVES. *Phytochemistry* Vol. 20 No. 10, p.p. 2327-2328 Great Britain.
44. Tanada T. (1972) PHYTOCHROME CONTROL OF ANOTHER PHYTOCHROME MEDIATED PROCESS. *Plant Physiol.* 49:560-562
45. Taylorson, R.B. and S.B. Hendricks (1972) REHYDRATION OF PHYTOCHROME IN -- IMBIBING SEEDS OF *Amaranthus retroflexus* L. *Plant. Physiol.* 49:663-665

46. Thomson, B. (1951) THE RELATION BETWEEN AGE AT THE TIME OF EXPOSURE AND --  
RESPONSE OF PARTS OF THE AVENA SEEDLINGS TO LIGHT. *Americal Journal of  
Botany* 38:635-638
47. Wain, R.L. (1975) SOME DEVELOPMENTS IN RESEARCH ON PLANT GROWTH REGULATORS  
Tomado de: The Royal Society of London, Serie B. 191:335-352
48. Williams, P.M. and I. Arias (1978) PHYSIO-ECOLOGICAL STUDIES OF PLANT - -  
SPECIES FROM THE ARID AND SEMI-ARID REGIONS OF VENEZUELA. I. The role of  
the *Cereus griseus* (Haw) Br. & R. (Cactaceae) *Acta Cient. Venezolana* - -  
29(2):93-97
49. Yamamoto K.T., and W.O. Smith (1981) A RE-EVALUATION OF THE MOLE FRACTION  
OF Pfr AT THE RED-LIGHT-INDUCED PHOTOSTATIONARY STATE OF UNDEGRADED - -  
RYE PHYTOCHROME. *Plant Cell Physiol.* 22(7):1159-1164



## A P E N D I C E

Día de incubación	n	$\bar{x}$	Desviación Standard (S)	Intervalo de Confianza $t_{0.05(4)} \sqrt{s^2}$	Rango
3er.	5	41.4	1.51	1.8743	39.5-43.2
4to.	5	74.4	2.00	2.4828	72.0-76.8

Tabla 1 : Porcentaje de germinación de cinco lotes de semillas de S. griseus y su análisis estadístico.

Día de incubación	$\bar{x}$	Intervalo de Confianza al 95%	Rango
3er.	39.0	4.666	34.3-43.6
4to.	54.33	7.500	46.8-61.8
7mo.	77.7	5.700	72.0-83.4

Tabla 2 : Porcentaje de germinación de semillas de S. griseus obtenido por Martínez H. (1983) .

EDAD A EXPOSICION (días)	n	LONGITUD MEDIA DE LAS PLTAS. (cm)	DESVIACION STANDARD S	ERROR STANDARD $S_x$	INTERVALO DE CONFIANZA $t_{0.05} (2) v$
1	3	0.31	0.0763	0.0440	0.18
2	3	0.60	0.1802	0.1040	0.44
3	3	1.31	0.1256	0.0725	0.31
4	3	1.40	0.0665	0.0383	0.16
5	3	1.60	0.1730	0.0998	0.42

TABLA 3 : Longitud de las plántulas de S. griseus y su análisis estadístico en la — determinación de la edad óptima para su exposición a luz roja

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	0.05	0.01
Tratamientos	4	3.7233	0.9308	52.52	9.01	28.2	
Error	10	0.1772	0.0177				
Total	14	3.9005					

Tabla 4 : Análisis de Varianza para la longitud de las plántulas en la determinación de la edad óptima para exposición a luz roja.

	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_D$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_A$
	1.60	1.40	1.31	0.60	0.31
$\bar{x}_A=0.31$	1.29	1.09	1.00	0.29	0.00
$\bar{x}_B=0.60$	1.00	0.80	0.71	0.00	
$\bar{x}_C=1.31$	0.29	0.09	0.00		
$\bar{x}_D=1.40$	0.20	0.00			
$\bar{x}_E=1.60$	0.00				
					D.M.S. = 0.242 al 5%
					0.344 al 1%

Tabla 5 : Comparación de medias. Significación de diferencias para la longitud de plántulas por el método de la D.M.S. en la determinación de la edad óptima para exposición a luz roja. Las diferencias arriba de la raya en escalon son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.242 . Los valores mayores a 0.344 deben considerarse altamente significativas.

EDAD A EXPOSICION (días)	n	DIAMETRO MEDIO DE LAS PLTAS. (mm)	DESVIACION STANDARD S	ERROR STANDARD $S_x$	INTERVALO DE CONFIANZA $t_{0.05} (2)v$
1	3	2.00	0.1732	0.1000	0.43
2	3	3.50	0.2645	0.1527	0.65
3	3	5.16	0.2886	0.0960	0.41
4	3	4.46	0.2081	0.1200	0.51
5	3	4.60	0.4582	0.2645	1.13

TABLA 6 : Diámetro de las plántulas de S. griseus y su análisis estadístico en la deteg  
minación de la edad óptima para su exposición a luz roja.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	0.05	0.01
Tratamientos	4	18.52	4.63	178.07	9.01	28.24	
Error	10	0.26	0.026				
Total	14	18.78					

Tabla 7 : Análisis de Varianza para el diámetro de las plántulas en la determinación de la edad óptima para exposición a luz roja.

	$\bar{x}_C$ 5.16	$\bar{x}_E$ 4.60	$\bar{x}_D$ 4.46	$\bar{x}_B$ 3.50	$\bar{x}_A$ 2.00
$\bar{x}_A=2.00$	3.16	2.60	2.46	1.50	0.00
$\bar{x}_B=3.50$	1.66	1.10	0.96	0.00	
$\bar{x}_D=4.46$	0.70	0.14	0.00		
$\bar{x}_E=4.60$	0.56	0.00			D.M.S. = 0.293 al 5%
$x_C=5.16$	0.00				0.417 al 1%

Tabla 8 : Comparación de medias. Significación de diferencias para el diámetro de plántulas por el método de la D.M.S. en la determinación de la edad óptima para exposición a luz roja. - Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.293 . Los valores mayores a 0.417 deben considerarse altamente significativos.

Edad a exposi ción	Long. (mm) x	Diam. (mm) y	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	xy $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
1er. día	3.1	2.0	53.87	3.78	14.23
2do. día	6.0	3.5	19.71	0.19	1.95
3er. día	13.1	5.16	7.07	1.47	3.24
4to. día	14.0	4.46	12.67	0.26	1.85
5to. día	16.0	4.60	30.91	0.43	3.66
	52.2	19.72	124.23	6.13	24.93

$$\bar{x} = 10.44$$

$$\bar{y} = 3.94$$

$$n = 5$$

$$r = \frac{24.93}{(124.23)(6.13)} = 0.903$$

$$r_{0.05}(2);3 = 0.878 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 8 : Análisis de Correlación entre la longitud y el diámetro de las plántulas de S. griseus en la determinación de la edad óptima para su exposición a luz roja.

Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (cm)	Desviación Standard (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	10	2.03	0.2084	0.0659	0.1490
3	10	2.01	0.1663	0.0525	0.1187
5	10	1.99	0.1791	0.0566	0.1280
6	10	1.86	0.1646	0.0520	0.1176
7	10	1.79	0.2024	0.0640	0.1447
8	10	1.67	0.1337	0.0422	0.0954
15	10	1.93	0.1888	0.0597	0.1350
18	10	1.78	0.6236	0.1971	0.4458
20	10	1.70	0.2160	0.0683	0.1544
25	10	1.79	0.2601	0.0822	0.1859
30	10	1.86	0.1505	0.0475	0.1074
45	10	1.74	0.1577	0.0498	0.1126
Luz roja continua	10	1.80	0.2357	0.0745	0.1685
Luz Día	10	1.14	0.1349	0.0426	0.0963
Testigo oscuridad	10	1.84	0.2366	0.0748	0.1691

Tabla 9 : Longitud de plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.



Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft 0.05 0.01	
Tratamiento	14	6.2518	0.4465	7.32	1.69	2.08
Error	135	8.2350	0.0610			
Total	149	14.4868				

Tabla 10 : Análisis de varianza para la longitud de plántulas en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft 0.05 0.01	
Tratamientos	14	85.7734	6.1266	2.921	1.69	2.08
Error	135	283.1000	2.0970			
Total	149	368.8734				

Tabla 13 : Análisis de Varianza para el diámetro de plántulas en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

	A	B	C	G	D	K	O	M	E	J	H	L	I	F	N
	2.03	2.01	1.99	1.93	1.86	1.86	1.84	1.80	1.79	1.79	1.78	1.74	1.70	1.67	1.14
N=1.14	0.89	0.87	0.85	0.79	0.72	0.72	0.70	0.66	0.65	0.65	0.64	0.60	0.56	0.53	0.00
F=1.67	0.36	0.34	0.32	0.26	0.19	0.19	0.17	0.13	0.12	0.12	0.11	0.07	0.03	0.00	
I=1.70	0.33	0.31	0.29	0.23	0.16	0.16	0.14	0.10	0.09	0.09	0.08	0.04	0.00		
L=1.74	0.29	0.27	0.25	0.19	0.12	0.12	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.00			
H=1.78	0.25	0.23	0.21	0.15	0.08	0.08	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00				
J=1.79	0.24	0.22	0.20	0.14	0.07	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00					
E=1.79	0.24	0.22	0.20	0.14	0.07	0.07	0.05	0.01	0.00						
M=1.80	0.23	0.21	0.19	0.13	0.06	0.06	0.04	0.00							
O=1.84	0.19	0.17	0.15	0.09	0.02	0.02	0.00								
K=1.86	0.17	0.15	0.13	0.07	0.00	0.00									
D=1.86	0.17	0.15	0.13	0.07	0.00										
G=1.93	0.10	0.08	0.06	0.00											
C=1.99	0.04	0.02	0.00												
B=2.01	0.02	0.00													
A=2.03	0.00														

D.M.S. = 0.2164 al 0.05%  
0.2845 al 0.01%

Tabla 11 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para la longitud de plántulas por el método de la D.M.S. en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja. - Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.2164. Los valores mayores a 0.2845 deben considerarse altamente significativos.

Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (mm)	Desviación Standard (s)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	10	5.8	2.0976	0.6633	1.5004
3	10	6.1	1.4491	0.4582	1.0365
5	10	4.8	1.6865	0.5333	1.2063
6	10	4.2	1.7512	0.5537	1.2526
7	10	4.9	1.9120	0.6046	1.3676
8	10	4.1	0.9944	0.3144	0.7113
15	10	5.2	0.9189	0.2905	0.6572
18	10	4.1	1.2866	0.4068	0.9203
20	10	4.3	1.7029	0.5385	1.2180
25	10	5.4	1.7126	0.5415	1.2250
30	10	4.6	0.9660	0.3054	0.6909
45	10	4.8	1.3165	0.4163	0.9417
Luz roja continua	10	3.4	0.9660	0.3054	0.6909
Luz Día	10	5.7	0.8232	0.2603	0.5888
Testigo oscuridad	10	3.8	1.3175	0.4163	0.9417

Tabla 12 : Diámetro de plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

	B 6.1	A 5.8	N 5.7	J 5.4	G 5.2	E 4.9	L 4.8	C 4.8	K 4.6	I 4.3	D 4.2	H 4.1	F 4.1	O 3.8	M 3.4
$\bar{X}_M = 3.4$	2.7	2.4	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.4	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7	0.4	0.0
$\bar{X}_O = 3.8$	2.3	2.0	1.9	1.6	1.4	1.1	1.0	1.0	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3	0.0	
$\bar{X}_F = 4.1$	2.0	1.7	1.6	1.3	1.1	0.8	0.7	0.7	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0		
$\bar{X}_H = 4.1$	2.0	1.7	1.6	1.3	1.1	0.8	0.7	0.7	0.5	0.2	0.1	0.0			
$\bar{X}_D = 4.2$	1.9	1.6	1.5	1.2	1.0	0.7	0.6	0.6	0.4	0.1	0.0				
$\bar{X}_I = 4.3$	1.8	1.5	1.4	1.1	0.9	0.6	0.5	0.4	0.3	0.0					
$\bar{X}_K = 4.6$	1.5	1.2	1.1	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.0						
$\bar{X}_C = 4.8$	1.3	1.0	0.9	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0							
$\bar{X}_L = 4.8$	1.3	1.0	0.9	0.6	0.4	0.1	0.0								
$\bar{X}_E = 4.9$	1.2	0.9	0.8	0.5	0.3	0.0									
$\bar{X}_G = 5.2$	0.9	0.6	0.5	0.2	0.0										
$\bar{X}_J = 5.4$	0.7	0.4	0.3	0.0											
$\bar{X}_N = 5.7$	0.4	0.1	0.0												
$\bar{X}_A = 5.8$	0.3	0.0													
$\bar{X}_B = 6.1$	0.0														

D.M.S. = 1.2693 al 0.05%  
1.6681 al 0.01%

Tabla 14 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el diámetro de plántulas por el método de la D.M.S. en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja. - Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 1.2693. Los valores mayores a 1.6681 deben considerarse altamente significativas.

tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ ( g/ml)	Desviación Standard (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	3	1.4893	0.3509	0.2025	0.8713
3	3	1.5295	0.2449	0.1413	0.6080
5	3	1.3035	0.1574	0.0908	0.3907
6	3	1.3323	0.2906	0.1677	0.7216
7	3	1.3442	0.2589	0.1494	0.6428
8	3	1.5803	0.0206	0.0118	0.0507
15	3	1.8897	0.0217	0.0125	0.0537
18	3	1.7933	0.0752	0.0434	0.1867
20	3	1.8057	0.0753	0.0434	0.1867
25	3	1.9597	0.1075	0.0620	0.2667
30	3	2.1768	0.0807	0.0465	0.2005
45	3	2.1613	0.0402	0.0232	0.0998
Luz roja continua	3	3.3690	0.1246	0.0719	0.3093
Luz Día	3	4.3123	0.4079	0.2355	1.0133
Testigo Oscuridad	3	1.4855	0.3579	0.2066	0.8889

Tabla 15 : Contenido de Clorofilas a en plántulas de *S. griseus* de 12 días de edad y su análisis estadístico en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	0.05	0.01
Tratamientos	14	28.9258	2.0661	45.01	2.04	2.74	
Error	30	1.3776	0.0459				
Total	44	30.3034					

Tabla 16 : Análisis de Varianza para el contenido de Clorofilas a en la determinación del tiempo óptimo de irradiación - con luz roja.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft	0.05	0.01
Tratamientos	14	32.9070	2.3505	31.81	2.04	2.74	
Error	30	2.2125	0.0737				
Total	44	35.1195					

Tabla 17 : Análisis de Varianza para el contenido de Clorofilas b en la determinación del tiempo óptimo de irradiación - con luz roja.

	$\bar{x}_N$	$\bar{x}_M$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_L$	$\bar{x}_J$	$\bar{x}_G$	$\bar{x}_I$	$\bar{x}_H$	$\bar{x}_F$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_O$	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_D$	$\bar{x}_C$
	4.31	3.36	2.17	2.16	1.95	1.88	1.80	1.79	1.58	1.52	1.48	1.48	1.34	1.33	1.30
$\bar{x}_C = 1.30$	3.01	2.06	0.87	0.86	0.65	0.58	0.50	0.49	0.28	0.22	0.18	0.18	0.04	0.03	0.00
$\bar{x}_D = 1.33$	2.98	2.03	0.84	0.83	0.62	0.55	0.47	0.46	0.25	0.19	0.15	0.15	0.01	0.00	
$\bar{x}_E = 1.34$	2.97	2.02	0.83	0.82	0.61	0.54	0.46	0.45	0.24	0.18	0.14	0.14	0.00		
$\bar{x}_O = 1.48$	2.83	1.88	0.69	0.68	0.47	0.40	0.32	0.31	0.10	0.04	0.00	0.00			
$\bar{x}_A = 1.48$	2.83	1.88	0.69	0.68	0.47	0.40	0.32	0.31	0.10	0.04	0.00				
$\bar{x}_H = 1.52$	2.79	1.84	0.65	0.64	0.43	0.36	0.28	0.27	0.06	0.00					
$\bar{x}_F = 1.58$	2.73	1.78	0.59	0.58	0.37	0.30	0.22	0.21	0.00						
$\bar{x}_H = 1.79$	2.52	1.57	0.38	0.37	0.16	0.09	0.01	0.00							
$\bar{x}_I = 1.80$	2.51	1.56	0.37	0.36	0.15	0.08	0.00								
$\bar{x}_G = 1.88$	2.43	1.48	0.31	0.28	0.07	0.00									
$\bar{x}_J = 1.95$	2.36	1.41	0.24	0.21	0.00										
$\bar{x}_L = 2.16$	2.15	1.20	0.01	0.00											
$\bar{x}_K = 2.17$	2.14	1.19	0.00												
$\bar{x}_M = 3.36$	0.95	0.00													
$\bar{x}_N = 4.31$	0.00														

D.M.S. = 0.19 al 5 %  
0.26 al 1 %

Tabla 17 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el contenido de clorofila *a* en plántulas de *S. griseus* de doce días de edad por el método de la D.M.S. en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja. Las diferencias arriba de la raya - en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.19. Los valores superiores a 0.26 deben considerarse altamente significativas.

Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (g/ml)	Desviación Standart (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	3	1.2157	0.1334	0.0770	0.3313
3	3	1.2169	0.3757	0.2169	0.9333
5	3	0.9875	0.1255	0.0724	0.3115
6	3	0.9620	0.3859	0.2227	0.9582
7	3	1.0773	0.7381	0.4261	1.8335
8	3	1.3149	0.0766	0.0442	0.1901
15	3	1.6151	0.0283	0.0163	0.0701
18	3	1.5312	0.1097	0.0633	0.2723
20	3	1.5192	0.0699	0.0403	0.1734
25	3	1.7681	0.0982	0.0566	0.2435
30	3	1.8839	0.1593	0.0919	0.3954
45	3	1.8941	0.0273	0.0157	0.0675
Luz roja continua	3	3.0386	0.2277	0.1314	0.5654
Luz Día	3	4.3389	0.3407	0.1967	0.8464
Testigo					
Oscuridad	3	1.5456	0.1016	0.0586	0.2521

Tabla 18 : Contenido de Clorofilas  $b$  en plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.



	$\bar{x}_N$	$\bar{x}_M$	$\bar{x}_L$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_J$	$\bar{x}_I$	$\bar{x}_H$	$\bar{x}_G$	$\bar{x}_F$	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_D$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_0$
	4.33	3.03	1.89	1.88	1.76	1.61	1.54	1.53	1.51	1.31	1.21	1.21	1.07	0.98	0.96
$\bar{x}_D = 0.96$	3.37	2.07	0.93	0.92	0.80	0.65	0.58	0.57	0.55	0.35	0.25	0.25	0.11	0.02	0.00
$\bar{x}_C = 0.98$	3.35	2.05	0.91	0.90	0.78	0.63	0.56	0.55	0.53	0.33	0.23	0.23	0.09	0.00	
$\bar{x}_B = 1.07$	3.26	1.96	0.82	0.81	0.69	0.54	0.47	0.46	0.44	0.24	0.14	0.14	0.00		
$\bar{x}_A = 1.21$	3.12	1.82	0.68	0.67	0.55	0.40	0.33	0.32	0.30	0.10	0.00	0.00			
$\bar{x}_0 = 1.21$	3.12	1.82	0.68	0.67	0.55	0.40	0.33	0.32	0.30	0.10	0.00				
$\bar{x}_F = 1.31$	3.02	1.72	0.58	0.57	0.45	0.30	0.23	0.22	0.20	0.00					
$\bar{x}_I = 1.51$	2.82	1.52	0.38	0.37	0.25	0.10	0.03	0.02	0.00						
$\bar{x}_H = 1.53$	2.80	1.50	0.36	0.35	0.23	0.08	0.01	0.00							
$\bar{x}_G = 1.54$	2.79	1.49	0.35	0.34	0.22	0.07	0.00								
$\bar{x}_0 = 1.61$	2.72	1.42	0.28	0.27	0.15	0.00									
$\bar{x}_J = 1.76$	2.57	1.27	0.13	0.12	0.00										
$\bar{x}_K = 1.88$	2.45	1.15	0.01	0.00											
$\bar{x}_L = 1.89$	2.44	1.14	0.00												
$\bar{x}_M = 3.03$	1.30	0.00													
$\bar{x}_N = 4.33$	0.00														

D.M.S. = 0.248 al 5%

0.333 al 1%

Tabla 20 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el contenido de clorofilas  $b$  en plántulas de S. griseus de doce días de edad por el método de la D.M.S. en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja. Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0,24. Los valores superiores a 0.33 deben considerarse altamente significativos.

Tiempo de irradiación	Clorofilas <u>a</u> ( g/ml)	Clorofilas <u>b</u> ( g/ml)	Relación Clor. <u>a</u> : Clor <u>b</u>
2	1.4893	1.2157	1.225 : 1
3	1.5295	1.2169	1.256 : 1
5	1.3035	0.9875	1.320 : 1
6	1.3323	0.9620	1.384 ; 1
7	1.3442	1.0773	1.247 : 1
8	1.5803	1.3149	1.201 : 1
15	1.8897	1.6151	1.170 : 1
18	1.7933	1.5312	1.171 : 1
20	1.8057	1.5192	1.188 : 1
25	1.9597	1.7681	1.108 : 1
30	2.1768	1.8839	1.155 : 1
45	2.1613	1.8941	1.141 : 1
Luz roja continua	3.3690	3.0386	1.108 : 1
Luz Día	4.3123	4.3389	0.993 : 1
Testigo oscuridad	1.4855	1.5456	0.961 : 1

Tabla 21 : Relación entre clorofilas a y b de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Tiempo de irradiación	Long. (cm)	Diam. (mm)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	xy $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	2.03	5.8	0.0550	1.1096	0.2472
3	2.01	6.1	0.0460	1.8316	0.2905
5	1.99	4.8	0.0379	0.0028	0.0103
6	1.86	4.2	0.0041	0.2987	-0.0353
7	1.79	4.9	0.00002	0.0235	-0.0008
8	1.67	4.1	0.0157	0.4180	0.0810
15	1.93	5.2	0.01814	0.2055	0.0610
18	1.78	4.1	0.0002	0.4180	0.0098
20	1.70	4.3	0.0090	0.1994	0.0425
25	1.79	5.4	0.00002	0.4269	-0.0034
30	1.86	4.6	0.0041	0.0214	-0.0094
45	1.74	4.8	0.0030	0.0028	-0.0029
Luz roja continua	1.80	3.4	0.00002	1.8133	0.0063
Luz día	1.14	5.7	0.4294	0.9089	-0.6247
Testigo oscuridad	1.84	3.8	0.0019	0.8960	-0.0423
$\Sigma$	26.93	71.20	0.6245	8.5764	0.0298

$$\bar{x} = 1.7953$$

$$\bar{y} = 4.7466$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{0.0298}{(0.6245)(8.5764)} = 0.0128$$

$$r_{0.05}(2)13 = 0.514 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 22 : Análisis de Correlación entre la longitud y el diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la -- determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz -- roja

Tiempo de irradiación	Clor. <u>a</u> ( g/ml)	Clor. <u>b</u> ( g/ml)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	$xy$ $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	1.4893	1.2157	0.2303	0.2616	0.2454
3	1.5295	1.2169	0.2017	0.2604	0.2243
5	1.3035	0.9875	0.4431	0.5471	0.4924
6	1.3323	0.9620	0.4056	0.5855	0.4873
7	1.3442	1.0773	0.3906	0.4223	0.4061
8	1.5803	1.3149	0.1512	0.1699	0.1603
15	1.8897	1.6151	0.0063	0.0125	0.0089
18	1.7933	1.5312	0.0309	0.0384	0.0344
20	1.8057	1.5192	0.0267	0.0432	0.0440
25	1.9597	1.7681	0.0000	0.0016	-0.0004
30	2.1768	1.8839	0.0430	0.0245	0.0325
45	2.1613	1.8941	0.0369	0.0278	0.0320
Luz roja continua	3.3690	3.0386	1.9594	1.7197	1.8356
Luz Día	4.3123	4.3389	5.4901	6.8209	6.1194
Testigo oscuridad	1.4855	1.5456	0.2339	0.0329	0.0878
<b><math>\Sigma</math></b>	29.5384	25.9090	9.6497	11.1888	10.2000

$$\bar{x} = 1.9692$$

$$\bar{y} = 1.7272$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{10.20}{(9.6497)(11.1888)} = 0.9816$$

$$r_{0.05}(2)13 = 0.514 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 23 : Análisis de Correlación entre contenido de clorofilas a y clorofilas b en plántulas de S. griseus de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Tiempo de irradiación	Clor. a (g/ml)	Long. (cm)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	xy $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	1.4893	2.03	0.2303	0.0550	-0.1126
3	1.5295	2.01	0.2017	0.0460	-0.0944
5	1.3035	1.99	0.4431	0.0379	-0.1296
6	1.3323	1.86	0.4056	0.0041	-0.0412
7	1.3442	1.79	0.3906	0.00002	0.0033
8	1.5803	1.67	0.1512	0.0157	0.0487
15	1.8897	1.93	0.0063	0.01814	-0.0107
18	1.7903	1.78	0.0309	0.0002	0.0026
20	1.8057	1.70	0.0267	0.0090	0.0155
25	1.9597	1.79	0.0000	0.00002	0.0000
30	2.1768	1.86	0.0430	0.0041	0.0134
45	2.1613	1.74	0.0369	0.0030	-0.0106
Luz roja continua	3.3690	1.80	1.9594	0.00002	-0.0065
Luz Día	4.3123	1.14	5.4901	0.4294	-1.5354
Testigo oscuridad	1.4855	1.84	0.2339	0.0019	-0.0216
$\Sigma$	29.5384	26.93	9.6497	0.6245	-1.8790

$$\bar{x} = 1.9692$$

$$\bar{y} = 1.7953$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{-1.879}{(9.6498)(0.6245)} = -0.7654$$

$$r_{0.05}(2)(13) = 0.514 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 24 : Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas a y el diámetro de plántulas de *S. griseus* de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Tiempo de irradiación	Clor. a (g/ml)	Diam. (mm)	$x^2$ ( $x_1 - \bar{x}$ ) <sup>2</sup>	$y^2$ ( $y_1 - \bar{y}$ ) <sup>2</sup>	xy ( $x_1 - \bar{x}$ )( $y_1 - \bar{y}$ )
2	1.4893	5.8	0.2303	1.1096	-0.5055
3	1.5295	6.1	0.2017	1.8316	-0.5950
5	1.3035	4.8	0.4431	0.0028	-0.0355
6	1.3323	4.2	0.4056	0.2987	0.3481
7	1.3442	4.9	0.3906	0.0235	-0.0958
8	1.5803	4.1	0.1512	0.4180	0.2514
15	1.8897	5.2	0.0063	0.2055	-0.0360
18	1.7933	4.1	0.0309	0.4180	0.1137
20	1.8057	4.3	0.0267	0.1994	0.0730
25	1.9597	5.4	0.0000	0.4269	-0.0062
30	2.1768	4.6	0.0430	0.0214	-0.0304
45	2.1613	4.8	0.0369	0.0028	0.0102
Luz roja continua	3.3690	3.4	1.9594	1.8133	-1.8849
Luz Día	4.3123	5.7	4.3389	0.9089	2.2339
Testigo oscuridad	1.4855	3.8	0.2339	0.8960	0.4578
$\Sigma$	29.5384	71.20	9.6497	8.5764	0.2978

$$\bar{x} = 1.9692$$

$$\bar{y} = 4.7466$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{0.2978}{(9.6498)(8.5764)} = 0.0327$$

$$r_{0.05}(2)13 = 0.514 \text{ (de valores críticos de - coeficientes de correlación)}$$

Tabla 25 : Análisis de correlación entre el contenido de clorofila a y el diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Tiempo de irradiación	Clor. $\underline{b}$ (g/ml)	Long. (cm)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	xy $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	1.2157	2.03	0.2616	0.0550	-0.1200
3	1.2169	2.01	0.2604	0.0460	-0.1095
5	0.9875	1.99	0.5471	0.0379	-0.1440
6	0.9620	1.86	0.5855	0.0041	-0.0495
7	1.0773	1.79	0.4223	0.0000	0.0034
8	1.3149	1.67	0.1699	0.0157	0.0516
15	1.6151	1.93	0.0125	0.0181	-0.0150
18	1.5312	1.78	0.0384	0.0002	0.0029
20	1.5192	1.70	0.0432	0.0090	0.0198
25	1.7681	1.79	0.0016	0.0000	-0.0002
30	1.8839	1.86	0.0245	0.0041	0.0101
45	1.8941	1.74	0.0278	0.0030	-0.0092
Luz roja continua	3.0386	1.80	1.7197	0.0000	-0.0061
Luz Día	4.3389	1.14	6.8209	0.4294	-1.7114
Testigo oscuridad	1.5456	1.84	0.0329	0.0019	-0.0081
<b><math>\Sigma</math></b>	25.9090	26.93	11.1888	0.6245	-2.0852

$$\bar{x} = 1.7272$$

$$\bar{y} = 1.7953$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{-2.0852}{(11.1888)(0.6245)} = -0.7888$$

$$r_{0.05}(2)(13) = 0.514 \text{ (de valores críticos de - coeficiente de correlación)}$$

Tabla 26 : Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas  $\underline{b}$  y la longitud de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.

Tiempo de irradiación	Clor. $\underline{h}$ ( g/ml)	Diam. (mm)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	xy $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	1.2157	5.8	0.2616	1.1096	-0.5388
3	1.2169	6.1	0.2604	1.8316	-0.6906
5	0.9875	4.8	0.5471	0.0028	-0.0394
6	0.9620	4.2	0.5855	0.2987	0.4182
7	1.0773	4.9	0.4223	0.0235	-0.0996
8	1.3149	4.1	0.1699	0.4180	0.2665
15	1.6151	5.2	0.0125	0.2055	-0.0508
18	1.5312	4.1	0.0384	0.4180	0.1267
20	1.5192	4.3	0.0432	0.1994	0.0928
25	1.7681	5.4	0.0016	0.4269	0.0273
30	1.8839	4.6	0.0245	0.0214	-0.0229
45	1.8941	4.8	0.0278	0.0028	0.0089
Luz roja continua	3.0386	3.4	1.7197	1.8133	-1.7659
Luz Día	4.3389	5.7	6.8209	0.9089	2.4899
Testigo oscuridad	1.5456;	3.8	0.0329	0.8960	0.1719
$\Sigma$	25.9090	71.20	11.1888	8.5764	0.3942

$$\bar{x} = 1.7272$$

$$\bar{y} = 4.7466$$

$$n = 15$$

$$r = \frac{0.3942}{(11.1888)(8.5764)} = 0.0402$$

$$r_{0.05}(2)13 = 0.514 \text{ (de valores críticos de - coeficientes de correlación)}$$

Tabla 27: Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas  $\underline{h}$  y el diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la determinación del tiempo óptimo de irradiación con luz roja.



tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (cm)	Desviación Standard (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)} vs \bar{x}$
2	10	1.47	0.156	0.0493	0.1115
3	10	1.75	0.171	0.0540	0.1221
5	10	1.75	0.184	0.0581	0.1314
6	10	1.72	0.187	0.0591	0.1336
7	10	1.81	0.119	0.0376	0.0850
8	10	1.76	0.227	0.0717	0.1621
15	10	1.49	0.272	0.0860	0.1945
18	10	1.65	0.236	0.0746	0.1687
20	10	1.54	0.183	0.0580	0.1311
25	10	1.68	0.168	0.0531	0.1201
30	10	1.59	0.119	0.0376	0.0850
45	10	1.66	0.189	0.0597	0.1350
Luz rojo-lejano cont.	10	1.44	0.189	0.0597	0.1350
Testigo oscuridad	10	1.75	0.097	0.0306	0.0692

Tabla 28 : Longitud de plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la prueba de rojo-lejano.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
					0.05 0.01
Tratamientos	13	1.9144	0.1472	4.68	1.73 2.14
Error	126	3.9650	0.0314		
Total	139	5.8794			

Tabla 29 : Análisis de Varianza para la longitud de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de rojo lejano.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
					0.05 0.01
Tratamientos	13	46.5838	3.5833	3.23	1.73 2.14
Error	126	139.4820	1.1070		
Total	139	186.0658			

Tabla 32 : Análisis de Varianza para la longitud de plántulas de S. griseus de 12 días de edad en la prueba de rojo lejano.

	E	F	B	G	N	D	J	L	H	K	I	G	A	M
	1.81	1.76	1.75	1.75	1.75	1.72	1.68	1.66	1.65	1.59	1.54	1.49	1.47	1.44
$\bar{x}_M = 1.44$	0.37	0.32	0.31	0.31	0.31	0.28	0.24	0.22	0.21	0.15	0.10	0.05	0.03	0.00
$\bar{x}_A = 1.47$	0.34	0.29	0.28	0.28	0.28	0.25	0.21	0.19	0.18	0.12	0.07	0.02	0.00	
$\bar{x}_G = 1.49$	0.32	0.27	0.26	0.26	0.26	0.23	0.19	0.17	0.16	0.10	0.05	0.00		
$\bar{x}_I = 1.54$	0.27	0.22	0.21	0.21	0.21	0.18	0.14	0.12	0.11	0.05	0.00			
$\bar{x}_K = 1.59$	0.22	0.17	0.16	0.16	0.16	0.13	0.09	0.07	0.06	0.00				
$\bar{x}_H = 1.65$	0.16	0.11	0.10	0.10	0.10	0.07	0.03	0.01	0.00					
$\bar{x}_L = 1.66$	0.15	0.10	0.09	0.09	0.09	0.06	0.02	0.00						
$\bar{x}_J = 1.68$	0.13	0.08	0.07	0.07	0.07	0.04	0.00							
$\bar{x}_D = 1.72$	0.09	0.04	0.03	0.03	0.03	0.00								
$\bar{x}_N = 1.75$	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00									
$\bar{x}_C = 1.75$	0.06	0.01	0.00	0.00										
$\bar{x}_B = 1.75$	0.06	0.01	0.00											
$\bar{x}_F = 1.76$	0.05	0.00												
$\bar{x}_E = 1.81$	0.00													

D.M.S. = 0.15 al 5%  
0.20 al 1%

Tabla 30 : Comparación de medias. Significación de diferencias para la longitud de plántulas de *S. griseus* de doce días de edad por el método de la D.M.S. en la prueba de rojo-lejano. Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.15. Los valores superiores a 0.20 deben considerarse altamente significativos.

Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (mm)	Desviación Standard (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	10	3.65	1.179	0.3728	0.8432
3	10	4.05	0.831	0.2627	0.5942
5	10	3.80	1.110	0.3510	0.7939
6	10	3.60	0.658	0.2080	0.4704
7	10	3.60	1.264	0.3997	0.9041
8	10	4.45	1.279	0.4044	0.9147
15	10	3.35	1.179	0.3728	0.8432
18	10	3.10	0.906	0.2865	0.6480
20	10	3.40	1.264	0.3997	0.9041
25	10	2.90	1.100	0.3478	0.7867
30	10	3.85	1.203	0.3804	0.8604
45	10	3.50	0.881	0.2785	0.6299
Luz rojo-lejano cont.	10	1.87	0.397	0.1255	0.2838
Testigo oscuridad	10	3.48	1.050	0.3320	0.7509

Tabla 31 : Diámetro de plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la prueba de rojo lejano.

	$\bar{x}_F$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_D$	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_L$	$\bar{x}_N$	$\bar{x}_I$	$\bar{x}_G$	$\bar{x}_H$	$\bar{x}_J$	$\bar{x}_M$
	4.45	4.05	3.85	3.80	3.65	3.60	3.60	3.50	3.48	3.40	3.35	3.10	2.90	1.87
$\bar{x}_M = 1.87$	2.58	2.18	1.98	1.93	1.78	1.73	1.73	1.63	1.61	1.53	1.48	1.23	1.03	0.00
$\bar{x}_J = 2.90$	1.55	1.15	0.95	0.90	0.75	0.70	0.70	0.60	0.58	0.50	0.45	0.20	0.00	
$\bar{x}_H = 3.10$	1.35	0.95	0.75	0.70	0.55	0.50	0.50	0.40	0.38	0.30	0.25	0.00		
$\bar{x}_G = 3.35$	1.10	0.70	0.50	0.45	0.30	0.25	0.25	0.15	0.13	0.05	0.00			
$\bar{x}_I = 3.40$	1.05	0.65	0.45	0.40	0.25	0.20	0.20	0.10	0.08	0.00				
$\bar{x}_N = 3.48$	0.97	0.57	0.37	0.32	0.17	0.12	0.12	0.02	0.00					
$\bar{x}_L = 3.50$	0.95	0.55	0.35	0.30	0.15	0.10	0.10	0.00						
$\bar{x}_E = 3.60$	0.85	0.45	0.25	0.20	0.05	0.00	0.00							
$\bar{x}_D = 3.60$	0.85	0.45	0.25	0.20	0.05	0.00								
$\bar{x}_A = 3.65$	0.80	0.40	0.20	0.15	0.00									
$\bar{x}_C = 3.80$	0.65	0.25	0.05	0.00										
$\bar{x}_K = 3.85$	0.60	0.20	0.00											
$\bar{x}_B = 4.05$	0.40	0.00												
$\bar{x}_F = 4.45$	0.00													

D.M.S. = 0.92 al 5%  
1.21 al 1%

Tabla 33 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad por el método de la D.M.S. en la prueba de rojo-lejano. Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.92 . Los valores superiores a 1.21 deben considerarse altamente significativos.

Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (g/ml)	Desviación Standard (S)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)}vS_{\bar{x}}$
2	3	2.1982	0.0629	0.0363	0.1561
3	3	1.6090	0.1932	0.1115	0.4797
5	3	1.6254	0.0614	0.0354	0.1523
6	3	1.4866	0.1309	0.0755	0.3248
7	3	1.7332	0.1181	0.0681	0.2930
8	3	1.9444	0.0611	0.0352	0.1514
15	3	2.2115	0.1119	0.0646	0.2779
18	3	2.1209	0.1183	0.0683	0.2938
20	3	2.1001	0.0858	0.0495	0.2129
25	3	2.5577	0.1226	0.0707	0.3042
30	3	2.1846	0.0823	0.0475	0.2043
45	3	2.7768	0.1854	0.1070	0.4604
Luz rojo-lejano cont.	3	4.9654	0.0412	0.0237	0.1019
Testigo oscuridad	3	1.7888	0.1168	0.0674	0.2900

Tabla 34 : Contenido de Clorofilas a en plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la prueba de rojo-lejano.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
					0.05 0.01
Tratamientos	13	52.5916	4.0455	301.45	2.09 2.85
Error	28	0.3758	0.0134		
Total	41	52.9674			

Tabla 35 : Análisis de Varianza para el contenido de clorofilas a en plántulas de S. griseus de 12 días de edad en la prueba - de rojo-lejano.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
					0.05 0.01
Tratamientos	13	35.0679	2.6975	27.80	2.09 2.85
Error	28	2.7182	0.0970		
Total	41	37.7861			

Tabla 38 : Análisis de Varianza para el contenido de clorofilas b en plántulas de S. griseus de 12 días de edad en la prueba - de rojo-lejano.

	$\bar{x}_M$	$\bar{x}_L$	$\bar{x}_J$	$\bar{x}_G$	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_H$	$\bar{x}_I$	$\bar{x}_F$	$\bar{x}_N$	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_D$
	4.96	2.77	2.55	2.21	2.19	2.18	2.12	2.10	1.94	1.78	1.75	1.62	1.60	1.48
$\bar{x}_D = 1.48$	3.48	1.29	1.07	0.73	0.71	0.70	0.64	0.62	0.46	0.30	0.27	0.14	0.12	0.00
$\bar{x}_B = 1.60$	3.36	1.17	0.95	0.61	0.59	0.58	0.52	0.50	0.34	0.18	0.15	0.02	0.00	
$\bar{x}_C = 1.62$	3.34	1.15	0.93	0.59	0.57	0.56	0.50	0.48	0.32	0.16	0.13	0.00		
$\bar{x}_E = 1.75$	3.21	1.02	0.80	0.46	0.44	0.43	0.37	0.35	0.19	0.03	0.00			
$\bar{x}_N = 1.78$	3.18	0.99	0.77	0.43	0.41	0.40	0.34	0.32	0.16	0.00				
$\bar{x}_F = 1.94$	3.02	0.83	0.61	0.27	0.25	0.24	0.18	0.16	0.00					
$\bar{x}_I = 2.10$	2.86	0.67	0.45	0.11	0.09	0.08	0.02	0.00						
$\bar{x}_H = 2.12$	2.84	0.65	0.43	0.09	0.07	0.06	0.00							
$\bar{x}_K = 2.18$	2.78	0.59	0.37	0.03	0.01	0.00								
$\bar{x}_A = 2.19$	2.77	0.58	0.36	0.02	0.00									
$\bar{x}_G = 2.21$	2.75	0.56	0.34	0.00										
$\bar{x}_J = 2.55$	2.41	0.22	0.00											
$\bar{x}_L = 2.77$	2.19	0.00												
$\bar{x}_M = 4.96$	0.00													

D.M.S. = 0.19 al 5%  
0.26 al 1%

Tabla 36 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el contenido de clorofilas *a* en plántulas de *S. griseus* de doce días de edad por el método de la D.M.S. en la prueba de rojo lejano. Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.19. Los valores superiores a 0.26 deben considerarse altamente significativos.



Tiempo de irradiación (horas)	n	$\bar{x}$ (g/ml)	Desviación Standard (s)	Error Standard ( $S_{\bar{x}}$ )	Intervalo de Confianza $t_{0.05(2)} \sqrt{S_{\bar{x}}}$
2	3	1.9538	0.1001	0.0577	0.2482
3	3	1.5052	0.0280	0.0161	0.0692
5	3	1.4598	0.1044	0.0602	0.2590
6	3	1.0836	0.1583	0.0913	0.3926
7	3	1.4182	0.2876	0.1660	0.7142
8	3	1.9272	0.0833	0.0480	0.2065
15	3	1.9218	0.0922	0.0532	0.2289
18	3	1.6972	0.0249	0.0143	0.0615
20	3	1.6356	0.0952	0.0549	0.2362
25	3	2.5746	0.1341	0.0774	0.3330
30	3	1.8520	0.0244	0.0140	0.0602
45	3	3.0484	0.3345	0.1931	0.8309
Luz rojo-lejano cont.	3	4.8669	0.2258	0.1303	0.5606
Testigo oscuridad	3	1.6918	0.1522	0.0878	0.3778

Tabla 37 : Contenido de Clorofilas b en plántulas de S. griseus de 12 días de edad y su análisis estadístico en la prueba de rojo lejano.

	$\bar{x}_M$	$\bar{x}_L$	$\bar{x}_J$	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_F$	$\bar{x}_G$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_H$	$\bar{x}_N$	$\bar{x}_I$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_E$	$\bar{x}_D$
	4.86	3.04	2.57	1.95	1.92	1.92	1.85	1.69	1.69	1.63	1.50	1.45	1.41	1.08
$\bar{x}_D = 1.08$	3.78	1.96	1.49	0.87	0.84	0.84	0.77	0.61	0.61	0.55	0.42	0.37	0.33	0.00
$\bar{x}_E = 1.41$	3.45	1.63	1.16	0.54	0.51	0.51	0.44	0.28	0.28	0.22	0.09	0.04	0.00	
$\bar{x}_C = 1.45$	3.41	1.59	1.12	0.50	0.47	0.47	0.40	0.24	0.24	0.18	0.05	0.00		
$\bar{x}_B = 1.50$	3.36	1.54	1.07	0.45	0.42	0.42	0.35	0.19	0.19	0.13	0.00			
$\bar{x}_I = 1.63$	3.23	1.41	0.94	0.32	0.29	0.29	0.22	0.06	0.06	0.00				
$\bar{x}_N = 1.69$	3.17	1.35	0.88	0.26	0.23	0.23	0.16	0.00	0.00					
$\bar{x}_H = 1.69$	3.17	1.35	0.88	0.26	0.23	0.23	0.16	0.00						
$\bar{x}_K = 1.85$	3.01	1.19	0.72	0.10	0.07	0.07	0.00							
$\bar{x}_G = 1.92$	2.94	1.12	0.65	0.03	0.00	0.00								
$\bar{x}_F = 1.92$	2.94	1.12	0.65	0.03	0.00									
$\bar{x}_A = 1.95$	2.91	1.09	0.62	0.00										
$\bar{x}_J = 2.57$	2.29	0.47	0.00											
$\bar{x}_L = 3.04$	1.82	0.00												
$\bar{x}_M = 4.86$	0.00													

D.M.S. = 0.52 al 5%  
0.70 al 1%

Tabla 39 : Comparación de Medias. Significación de diferencias para el contenido de clorofilas  $b$  en plántulas de *S. griseus* de 12 días de edad por el método de la D.M.S. en la -- prueba de rojo-lejano. Las diferencias arriba de la raya en escalón son significativas; mientras que las de abajo no lo son, pues son menores a 0.52 . Los valores superiores a 0.70 deben considerarse altamente significativos.

Tiempo de irradiación	Clorofilas a ( g/ml)	Clorofilas b ( g/ml)	Relación Clor. a : Clor b
2	2.1982	1.9538	1.125 ; 1
3	1.6090	1.5052	1.068 : 1
5	1.6254	1.4598	1.113 : 1
6	1.4866	1.0836	1.371 : 1
7	1.7332	1.4182	1.222 : 1
8	1.9444	1.9272	1.088 : 1
15	2.2115	1.9218	1.150 : 1
18	1.1209	1.6972	1.249 : 1
20	2.1001	1.6356	1.283 : 1
25	2.5577	2.5746	0.993 : 1
30	2.1846	1.8320	1.179 : 1
45	2.7768	3.0484	0.910 : 1
Luz rojo-lej <sub>a</sub> no continuo	4.9654	4.8669	1.020 : 1
Testigo en Oscuridad	1.7888	1.6918	1.057 : 1

Tabla 40 : Relación entre clorofilas a<sup>1</sup> y b de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de rojo lejano.

Tiempo de irradiación	Long. (cm)	Diam. (mm)	$x^2$ $(x_i - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_i - \bar{y})^2$	$xy$ $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
2	1.47	3.65	0.0289	0.0324	-0.0306
3	1.75	4.05	0.0121	0.3364	0.0638
5	1.75	3.80	0.0121	0.1089	0.0363
6	1.72	3.60	0.0064	0.0169	0.0104
7	1.81	3.60	0.0289	0.0169	0.0221
8	1.76	4.45	0.0144	0.9604	0.1176
15	1.49	3.35	0.0225	0.0144	0.0180
18	1.65	3.10	0.0001	0.1369	-0.0037
20	1.54	3.40	0.0100	0.0049	0.0070
25	1.68	2.90	0.0016	0.3249	-0.0228
30	1.59	3.85	0.0025	0.1444	-0.0190
45	1.66	3.50	0.0004	0.0009	0.0006
Luz rojo-lejano cont.	1.44	1.87	0.0400	2.5600	0.3200
Testigo oscuridad	1.75	3.48	0.0121	0.0001	0.0011
$\Sigma$	23.03	48.60	0.1920	4.6584	0.5208

$$\bar{x} = 1.64$$

$$\bar{y} = 3.47$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{0.5208}{(0.1920)(4.6584)} = 0.5507$$

$$r_{0.05}^{(2), 12} = 0.532 \text{ (de valores críticos de - coeficientes de correlación)}$$

Tabla 41 : Análisis de Correlación entre la longitud y el diámetro de plántulas de *S. griseus* de doce días de edad en la prueba de luz rojo-lejano.

Tiempo de irradiación	Clor a ( g/ml)	Clor b ( g/ml)	x <sup>2</sup> (x <sub>1</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup> (y <sub>1</sub> - $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>	xy (x <sub>1</sub> - $\bar{x}$ )(y <sub>1</sub> - $\bar{y}$ )
2	2.1982	1.9538	0.0014	0.0083	0.0027
3	1.6090	1.5052	0.3930	0.2918	0.3348
5	1.6254	1.4598	0.3727	0.3429	0.3533
6	1.4866	1.0836	0.5614	0.9250	0.7104
7	1.7332	1.4182	0.2527	0.3933	0.3100
8	1.9444	1.9272	0.0849	0.0139	0.0319
15	2.2115	1.9218	0.0005	0.0152	0.0024
18	2.1209	1.6972	0.0132	0.1212	0.0374
20	2.1001	1.6356	0.0184	0.1679	0.0520
25	2.5577	2.5746	0.1035	0.2800	0.1664
30	2.1846	1.8520	0.0026	0.0374	0.0095
45	2.7768	3.0484	0.2925	1.0060	0.5400
Luz rojo-lejano cont. Testigo	4.9654	4.8669	7.4501	7.9608	7.6704
oscuridad	1.7888	1.6918	0.1998	0.1250	0.1540
$\Sigma$	31.3026	28.6356	9.7467	11.6887	10.3757

$$\bar{x} = 2.2359$$

$$\bar{y} = 2.1454$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{10.3757}{(9.7467)(11.6887)} = 0.9720$$

$$r_{0.05}(2,13) = 0.532 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 42 : Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas a y clorofilas b de plántulas de *S. griseus* de doce días de edad en la prueba de rojo-lejano.

Tiempo de irradiación	Clor a (g/ml)	Long. (cm)	$x^2$ ( $x_1 - \bar{x}$ ) <sup>2</sup>	$y^2$ ( $y_1 - \bar{y}$ ) <sup>2</sup>	xy ( $x_1 - \bar{x}$ )( $y_1 - \bar{y}$ )
2	2.1982	1.47	0.0014	0.0289	0.0051
3	1.6090	1.75	0.3930	0.0121	-0.0682
5	1.6254	1.75	0.3727	0.0121	-0.0671
6	1.4866	1.72	0.5614	0.0064	-0.0592
7	1.7332	1.81	0.2527	0.0289	-0.0850
8	1.9444	1.76	0.0849	0.0144	-0.0348
15	2.2115	1.49	0.0005	0.0225	0.0030
18	2.1209	1.65	0.0132	0.0001	-0.0011
20	2.1001	1.54	0.0184	0.0100	0.0130
25	2.5577	1.68	0.1035	0.0016	0.0128
30	2.1846	1.59	0.0026	0.0025	0.0025
45	2.7768	1.66	0.2925	0.0004	0.0108
Luz rojo-lejano cont. Testigo	4.9654	1.44	7.4501	1.0400	-0.5440
oscuridad	1.7888	1.75	0.1998	0.0121	-0.0484
$\Sigma$	31.3026	23.03	9.7467	0.1920	-0.7304

$$\bar{x} = 2.2359$$

$$\bar{y} = 1.64$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{-0.7304}{(9.7467)(0.1920)} = -0.5339$$

$r_{0.05}(2), 13 = 0.532$  (de valores críticos de coeficientes de correlación)

Tabla 43 : Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas a y la longitud de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de luz rojo-lejano.

Tiempo de irradiación	Clor <u>a</u> ( g/ml)	Diam. (mm)	$x^2$ $(x_i - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_i - \bar{y})^2$	$xy$ $(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})$
2	2.1982	3.65	0.0014	0.0324	-0.0054
3	1.6090	4.05	0.3930	0.3364	-0.3596
5	1.6254	3.80	0.3727	0.1089	-0.2013
6	1.4866	3.60	0.5614	0.0169	-0.0962
7	1.7332	3.60	0.2527	0.0169	-0.0650
8	1.9444	4.45	0.0849	0.9604	-0.2842
15	2.2115	3.35	0.0005	0.0144	0.0024
18	2.1209	3.10	0.0132	0.1369	0.0407
20	2.1001	3.40	0.0184	0.0049	0.0091
25	2.5577	2.90	0.1035	0.3249	-0.1824
30	2.1846	3.85	0.0026	0.1444	-0.0190
45	2.7768	3.50	0.2925	0.0009	0.0162
Luz rojo-lejano cont.	4.9654	1.87	7.4501	2.5600	-4.3520
Testigo oscuridad	1.7888	3.48	0.1998	0.0001	-0.0044
$\Sigma$	31.3026	4.60	9.7467	4.6584	-5.5011

$$\bar{x} = 2.2359$$

$$\bar{y} = 3.47$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{-5.5011}{(9.7467)(4.6584)} = -0.8164$$

$r_{0.05}(2,13) = 0.532$  (de valores críticos de coeficientes de correlación)

Tabla 44 : Análisis de correlación entre el contenido de clorofilas a y diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de rojo-lejano.

Tiempo de irradiación	Clor $\underline{b}$ ( g/ml)	Long. (cm)	$x^2$ $(x_i - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_i - \bar{y})^2$	$xy$ $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
2	1.9538	1.47	0.0083	0.0289	0.0153
3	1.5052	1.75	0.2918	0.0121	-0.0594
5	1.4598	1.75	0.3429	0.0121	-0.0638
6	1.0836	1.72	0.9250	0.0064	-0.0768
7	1.4182	1.81	0.3933	0.0289	-0.1054
8	1.9272	1.76	0.0139	0.0144	-0.0132
15	1.9218	1.49	0.0152	0.0225	0.0180
18	1.6972	1.65	0.1212	0.0001	-0.0034
20	1.6356	1.54	0.1679	0.0100	-0.0400
25	2.5746	1.68	0.2800	0.0016	0.0208
30	1.8520	1.59	0.0374	0.0025	-0.0095
45	3.0448	1.66	1.0070	0.0004	0.0200
Luz rojo-lejano cont.	4.8669	1.44	7.9608	0.0400	-0.5640
Testigo oscuridad	1.6918	1.75	0.1250	0.0121	-0.0385
$\Sigma$	28.6356		11.6887	0.1920	-0.8999

$$x = 2.0454$$

$$y = 1.64$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{-0.8999}{(11.6887)(0.1920)} = -0.6007$$

Tabla 45: Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas  $\underline{b}$  y la longitud de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de luz rojo-lejano.



Tiempo de irradiación	Clor $b$ ( g/ml)	Diam. (mm)	$x^2$ $(x_1 - \bar{x})^2$	$y^2$ $(y_1 - \bar{y})^2$	$xy$ $(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})$
2	1.9538	3.65	0.0033	0.0324	-0.0162
3	1.5052	4.05	0.2918	0.3364	-0.3132
5	1.4598	3.80	0.3429	0.1089	-0.1914
6	1.0836	3.60	0.9250	0.0169	-0.1248
7	1.4182	3.60	0.3933	0.0169	-0.0806
8	1.9272	4.45	0.0739	0.9604	-0.1078
15	1.9218	3.35	0.0152	0.0144	0.0144
18	1.6972	3.10	0.1212	0.1369	0.1258
20	1.6356	3.40	0.1679	0.0049	0.0280
25	2.5746	2.90	0.2800	0.3249	-0.2964
30	1.8520	3.85	0.0374	0.1444	-0.0722
45	3.0448	3.50	1.0070	0.0009	0.0300
Luz rojo-lejano cont.	4.8689	1.87	7.9608	2.5600	-4.5120
Testigo oscuridad	1.6918	3.48	0.1250	0.0001	-0.0035
$\Sigma$	28.6356	48.60	11.6887	4.6534	-5.5199

$$\bar{x} = 2.0454$$

$$\bar{y} = 3.47$$

$$n = 14$$

$$r = \frac{-5.5199}{(11.6887)(4.6584)} = -0.7480$$

$$r_{0.05}(2), 12 = 0.532 \text{ (de valores críticos de coeficientes de correlación)}$$

Tabla 46: Análisis de Correlación entre el contenido de clorofilas  $b$  y diámetro de plántulas de S. griseus de doce días de edad en la prueba de rojo-lejano.