



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

" I Z T A C A L A "

CARRERA DE BIOLOGIA

**CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE ALGUNOS  
FACTORES QUE DISPARAN LA GERMINACION DE  
*Echinocactus platyacanthus* LK. & O.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A .

MARIA ELENA QUINTANA SIERRA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. MARIA MAGDALENA OFELIA G.

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

A MIS PADRES

A LA MEMORIA DE MIS PADRES QUE RECUERDO CON  
CARINO, GRACIAS A LA TENACIDAD QUE SUPIERON  
INCULCARMEN Y QUE HOY SE HA REFLEJADO EN EL FRUTO  
QUE COSECHO.

A MI ESPOSO BLAS

QUE CON SU AMOR Y COMPRENCION ME DIO FUERZAS PARA  
LA TERMINACION DE ESTE LIBRO.

A MIS HIJOS RAYMUNDO Y MONSERRATH

QUE COMO DOS SOLES ALUMBRARON MI CAMINO PARA  
LLEGAR A MI META.

A MARY E IVETTE

QUE SIN SU GRAN APOYO NO HUBIESE PODIDO CONTAR  
CON ESTE MOMENTOTAN ESPECIAL EN MI VIDA.

Quiero agradecer a la M. en C. Ofelia Grajales Muñiz  
por todo el apoyo que me brindo para la realización de  
este trabajo.

Haciendo extensivo este agradecimiento a :

BIOL. Elva Martínez Holguín

ING . Juan R. Garibay Bermudez

L. A. José Santana Rivera

MVZ. Benito López Baños

por su valiosa ayuda en la complementación de este  
trabajo

Paty Romero

Por tu invaluable amistad.

Rosi y Male

Por su gran amistad.

GRACIAS





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Los Reyes Iztacala, a de de 19

APROBACION DE TESIS

M.en C. MARTHA O. SALCEDO ALVAREZ  
COORDINADOR DE LA CARRERA  
DE BIOLOGIA,  
P R E S E N T E .

Por medio de la presente manifestamos a usted que como Miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de tesis del Pasante de Biología: María Elena Quintana Sierra

titulado: "Contribución al conocimiento de algunos factores que disparan la germinación de Echinocactus platyacanthus Lk. & O."

para obtener el grado de Licenciatura, después de haber sido cuidadosamente revisado y realizadas las correcciones que se consideraron pertinentes, declaramos nuestra aprobación del trabajo escrito, ya que reúne las características, calidad y decoro académico del título al que aspira.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

BIOL. ANTONIA TRUJILLO HERNANDEZ

M.en C. MA. MAGDALENA OFELIA GRAJALES

BIOL. MANUEL MANDUJANO PIÑA

BIOL. ALBERTO ARRIAGA FRIAS

BIOL. ANTONIO MEYRAN CAMACHO

(Nombre completo)

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

(Firma)

Agradesco profundamente a los revisores de este trabajo por sus valiosas observaciones y aportaciones al mismo.

Gracias de antemano al jurado que me asigne la H. Institución a su cargo.

## INDICE

Resumen .....	6
I Introducción.....	8
II Objetivos.....	10
III Antecedentes.	
III.1.- Características generales de <i>Echinocactus</i> <i>platyacanthus</i> .....	11
III.2.- Latencia.....	14
III.3.- Germinación .....	17
III.3.1 Fases de la Germinación.....	20
III.3.1.1 Imbibición.....	20
III.3.1.2. Reactivación del metabolismo Celular.....	23
III.3.1.2. a. Catabolismo del almidón.....	23
III.3.1.2. b. Conversión de Lípidos.....	25
III.3.1.2. c. Fermentación.....	25
III.3.1.2. d. Respiración aerobica (cuadro 5).....	27
III.3.1.2. e. Catabolismo de proteínas.....	27
III.3.1.2. f. Catabolismo de Fitina.....	29
III.3.1.3. Morfogénesis de radícula.....	30
III.3.2. Factores que intervienen en la germinación	
III.3.2.1. Factores exógenos.....	32
III.3.2.1. a. Agua.....	32
III.3.2.1. b. Temperatura.....	32
III.3.2.1. c. Gases.....	33
III.3.2.1. d. Luz.....	34

IV.- HIPOTESIS .....	40
V.- Material y Métodos.....	41
VI.- Resultados y Discusión.....	51
VII.- Conclusiones.....	72
VIII.- Apéndice .....	74
IX.- Bibliografía.....	86

## RESUMEN

*Echinocactus platyacanthus* es una especie endémica de México y su utilización se remonta a la época prehispánica. Actualmente es utilizada con mayor frecuencia como planta ornamental aunque también se usa como forraje en épocas de sequía empleándose flores, frutos tiernos y tallo, así como el indumento lanoso de la parte apical. El parénquima de este cacto se emplea para hacer dulce de biznaga (acitrón). Aunado a esto, el saqueo irracional que han sufrido sus ejemplares jóvenes y su lento crecimiento calculado en un siglo aproximadamente, representan algunas de las amenazas que sufre esta biznaga encontrándose en nuestros días en posible peligro de extinción en esta zona de Meztitlán, Hgo.

Esto pone de manifiesto el tomar medidas necesarias para un conocimiento más profundo de esta especie para conservarla y aprovecharla adecuada y racionalmente.

Este trabajo pretende abordar el problema desde un punto de vista fisiológico contribuyendo al conocimiento de la germinación de esta especie.

Se determinó el nivel crítico de agua, es decir, el porcentaje mínimo necesario de agua que necesita la semilla para manifestar su respuesta germinativa, variando el tiempo de imbibición en horas (desde  $t-1$  a  $t-15$ ) y manejando 3 temperaturas de imbibición que fueron 25, 30 y 35 grados centígrados. Además se determinó el tipo de latencia por medio de tratamientos pregerminativos como son la imbibición, escarificación, irradiación con luz roja y un bioensayo para ABA.

Los resultados fueron los siguientes: El valor crítico para esta especie es de 3.98 % alcanzado durante la primera hora de imbibición a una temperatura de 35 grados C., en la cual se obtienen altos porcentajes de germinación, entre un 80 y 95 %. La especie en estudio presenta una fotolatenia, que es la sensibilidad a la luz para germinar.

## I.- INTRODUCCION

México es un país afortunado en lo que se refiere a su diversidad biótica producto de su situación geográfica y su accidentada orografía. Esta constituye una gran fuente de recursos naturales susceptibles de ser aprovechados. Tal ha sido su explotación que uno de los problemas más graves que enfrenta el país en la actualidad es la acelerada desaparición de zonas silvestres, con el consecuente aumento en las probabilidades de extinción de muchas especies. Entre esta vegetación se encuentran las que habitan las zonas áridas y semiáridas en donde particularmente abundan las cactáceas que integran una de las familias vegetales más numerosas e interesantes. Los trabajos relativos al conocimiento de cultivo y requerimientos específicos de propagación de especies no cultivadas de las zonas áridas (Cactáceas) son pocos y en México el uso más común que se les ha dado, es en la ganadería. Aunque la vegetación en general ha sido aprovechada para la alimentación humana, las cactáceas en particular han sido utilizadas desde hace mucho tiempo, se tiene reportes que datan desde 200 años A.D. (González, 1972) como lo reporta Sánchez Mejorada, 1982.

Se sabe que algunas tribus del noreste masticaban la pulpa de algunas biznagas (*Echinocactus*, *Ferocactus* etc.), así mismo trozos de los tallos carnosos de estas especies se cocían produciendo un dulce parecido al acitrón. Es muy usado en nuestros días, y este uso es una de las muchas amenazas que sufren las biznagas grandes que pueden ponerlas en peligro de extinción, es interesante mencionar que *Echinocactus platyacanthus* es considerada como una especie vulnerable

\*  
(Sánchez, 1989). Esto hace necesario investigar y contribuir al conocimiento de estas especies para conservarlas y aprovecharlas adecuadamente.

Con respecto a *Echinocactus platyacanthus* se conoce muy poco sobre los requerimientos necesarios para la germinación de sus semillas.



## II.- OBJETIVOS

Como objetivo de este trabajo se pretende conocer los requerimientos mínimos necesarios para la germinación de las semillas de *Echinocactus platyacanthus* siendo imprescindible obtener por lo menos un porcentaje de germinación a condiciones de laboratorio del 50 + 1 % y para ello se necesita conocer el valor crítico de agua así como el tipo de latencia.

Como primer punto. En cuanto al nivel crítico de agua es necesario encontrar el tiempo, así como la temperatura de imbibición en donde toma lugar esta costante para la semilla de *E. platyacanthus*.

Y como segundo punto es indispensable someter a las semillas de *E. platyacanthus* a diferentes tratamientos pregerminativos como son la imbibición, la cual distingue una latencia física; la escarificación para identificar una latencia mecánica; la irradiación para detectar una fotolatenencia y adicionalmente un bioensayo para comprobar la presencia de inhibidores (ABA) que imponen una quimiolatenencia (latencia química). CUADRO 8

### III.- ANTECEDENTES.

#### III.1.- Características generales de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto.

La especie en estudio se incluye dentro de las siguientes categorías taxonómicas: Familia Cactaceae Lindl., Subfamilia Cactoideae., Tribu Cacteae (Echinocactaeae) Shum emend. Buxb., Subtribu Echinocactinae (Britton et Rose); Género Echinocactus Link et Otto ; Subgénero Echinocactus. Esta especie de acuerdo a su distribución es considerada forma platyacanthus. (Bravo-Hollis, 1991)

Entre las especies que comprende este subgénero están: *E. grusonii*, *E. parryi* y *E. platyacanthus* Link et Otto., que son endémicas de México y una más distribuida en el SW de los E.U. y NW de México que es *Polycephalus*.

Los siguientes nombres: *E. platyacanthus* L. et O., 1827; *E. ingens* Zuccarinii, 1837; *E. visnaga* Hooker, 1851; *E. grandis* Rose, 1837 y *E. palmeri* Rose, 1909 ; corresponden a una sola especie, *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, ya que fueron descritas, por ignorancia, como especies distintas las diferentes formas geográficas en diversos estados de su desarrollo.

Su descripción botánica se resume de la siguiente manera: Cuerpo globoso, gruesamente columnar hasta toneliforme de 50 cm. hasta 2 m. de altura en los ejemplares adultos y de 60 a 80 cm. de diámetro, color verde a glauco, ápice con abundante lana amarillenta, costillas gruesas y duras en número de 5 a 8 en jóvenes y alrededor de 60 en las formas columnares viejas, aréolas de circulares hasta helípticas de 12 mm. de diámetro. Espinación variable en relación a la edad de la planta. Presenta un periodo de floración entre los

meses de abril y julio. Con flores numerosas emergiendo entre la lana del ápice, diurnas de 5 a 7 cm. de longitud de color amarillo intenso. (Bravo-Hollis, 1991)

Fruto seco largamente oblongo, de 5 a 7 cm. de longitud amarillento, escamas numerosas con producción de semillas que puede ir de 100 a 1050. (Trujillo, 1982). La semillas de *E. platyacanthus* es arrañada de color rojo oscuro, mide de 2.5 mm. de longitud y tiene un peso promedio de 17 mg. La testa de la semilla presenta ornamentación.

*Echinocactus platyacanthus* se considera como una especie endémica de México, la cual presenta un área de distribución que se extiende desde el estado de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas; hacia el sur de los estados de Querétaro, Hidalgo y Puebla (Bravo-Hollis, 1991).

La utilización de esta cactácea se remonta a la época prehispánica, los indígenas se comían el tallo crudo o lo masticaban para mitigar la sed en épocas de sequía. Es interesante mencionar que en el Valle de Tehuacán se encontraron restos semifosilizados de esta biznaga y se especula que fue usada como alimento en forma cocida, González, (1972), citado por Sánchez Mejorada, (1982). Además se aprovecha actualmente como forraje en temporada de sequía empleándose flores, frutos tiernos y tallo. El indumento lanoso se emplea como relleno. El parénquima de este cacto se emplea para hacer dulce de biznaga y actualmente se utiliza con mayor frecuencia como planta ornamental. op cit

Debido a que el nombre de biznaga se ha aplicado a varias especies de cactáceas globosas o subglobosas, existen algunas denominaciones adicionales para distinguirlas; en este caso para *E.*

*platyacanthus* se le conoce como "biznaga de acitrón" en los estados de Puebla, Hidalgo, Querétaro, Coahuila y Zacatecas; "biznaga gigante" y "biznaga de lana" en Hidalgo y Querétaro; "biznaga burra" en Coahuila y Zacatecas; "biznaga cabucha" y "biznaga dulce" en la región de Guadalucazar, San Luis Potosí. Martínez, (1979), citado por Trujillo, (1983).

### III.2.- Latencia

La semilla ha sido definida como un conjunto de estructuras interrelacionadas, potencialmente activas que poseen la información genética necesaria para manifestar las características propias de su especie por medio del crecimiento y desarrollo del embrión (Mayer y Poljakoff, 1982).

La semilla se encuentra en un estado de deshidratación tal que es capaz de retener su capacidad para germinar o permanecer viable por períodos prolongados de tiempo. Dicha condición se debe a que su actividad metabólica está grandemente disminuida, es decir, la semilla se encuentra latente (Mayer y Poljakoff, 1982). Latencia como lo menciona Rebeca C. Jann y Ralph D. Amen (1977) refleja un estado de metabolismo muy bajo (hipometabolismo) o represión de operones y es frecuentemente acompañado por la suspensión del crecimiento y desarrollo. Rojas (1987) dice que la posibilidad de mantenerse en vida con el metabolismo suspendido se denomina vida latente.

De esto, se entiende que la latencia se refiere a una etapa en el desarrollo de la planta superior caracterizada por un metabolismo fisiológico muy lento. Por metabolismo fisiológico debe entenderse como el resumen de los procesos metabólicos tales como la respiración aeróbica, la fermentación, la síntesis de proteínas, la síntesis de lípidos, etc., así como los procesos fisiológicos como la absorción de agua, absorción de iones, transpiración, translocación de fotoasimilados, etc. Cuando el metabolismo fisiológico es muy lento, obviamente los metabolitos y el ATP no

son suficientes para sostener el crecimiento y desarrollo de ciertas estructuras, sea vegetal o animal. También ha de entenderse que la finalidad adaptativa del hipometabolismo es permitir que la planta sobreviva en un ambiente adverso (Grajales, 1990). Esta característica se manifiesta en estructuras tales como tubérculos, yemas, bulbos, rizomas y semillas. En el caso de las semillas, su metabolismo fisiológico lento o latencia se expresa en forma exógena y endógena. La primera está impuesta por factores externos a la semilla como son la temperatura, el oxígeno y el agua, esta última medida en términos de potencial hídrico. La latencia endógena está determinada por factores internos presentes en la semilla, tanto en la testa (dureza e impermeabilidad) como en el embrión (inmadurez, que es un reflejo de un desequilibrio hormonal entre las giberelinas y el ABA, o bien un desequilibrio entre las dos conformaciones fisiológicas del fitocromo ). cuadro 1 (Grajales, 1990).

# LATENCIA

# CUADRO 1

CONCEPTO	FINALIDAD	EXPRESION	SITIO DE EXPRESION	COMO SE EXPRESA EN SEMILLAS
ETAPA DEL DESARROLLO CARACTERIZADA POR	HIPOMETABOLISMO METABOLISMO FISIOLOGICO MUY LENTO	EXOGENA	PLANTAS ANUALES (SEMILLAS)	LATENCIA EXOGENA  CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">AGUA TEMPERATURA OXIGENO LUZ *</div>
		ENDOGENA	PLANTAS BIENALES (BULBOS Y TUBERCULOS)	LATENCIA ENDOGENA a) A nivel del embrión. 1.-Impuesta por un desequilibrio en la relación hormonal $[ABA] > [GA3]$ 2.-Impuesta por un desequilibrio en las dos conformaciones del fitoaxono $[Pr] < [Pfr]$ y $[Pr] > [Pfr]$ Latencia Fisiológica
			PLANTAS PERENES (YEMAS Y RIZOMAS)	b) A nivel de la testa 1.- DUREZA (Debido a la presencia de lignina en su pared celular. Latencia Mecánica 2.- IMPERMEABILIDAD (Pared celular cutinizada) Latencia Física 3.- INHIBIDORES presentes [ABA] compuestos fenólicos. Latencia Química

\* solo en especies fotoblasticas (Wilkins, 1985).

C.1. Cuadro que resume la etapa de la latencia en una planta superior. Dando concepto, finalidad, expresión, sitio de expresión y como se expresa en semillas. GRAJALES.1990

### 3.- GERMINACION.

Según Amen (1968) citado por Rojas (1987), la germinación es la última fase del estado de letargo o latencia. Sin embargo Mayer y Poljakoff (1982) consideran que la etapa fenológica primaria continúa a la latencia de la semilla es la germinación, respuesta fisiológica que se desencadena bajo condiciones ambientales muy particulares y que encabeza eventualmente el desarrollo del embrión a una planta.

Se ha dado un modelo general que describe esta etapa fenológica ( Van Overbeek, 1970 ) citado por Rojas (1987).

a) El agua hidratada las células del endospermo, inicia su actividad y la semilla se hincha.

b) El embrión secreta giberelinas (GAS) y actúa sobre la capa de la aleurona que rodea el endospermo y la induce a secretar amilasa, y otras hidrolasas.

c) El embrión produce citocininas que junto con las giberelinas inducen a la síntesis de enzimas.

d) Por acción de la amilasa el almidón pasa a glucosa.

e) Las citocininas más la energía de glucosa mas proteínas solubles que inducen la división celular del embrión iniciando la germinación al romper la testa el primordio de la raíz principal.

No obstante, la germinación debe considerarse como una etapa fenológica que involucra muchos procesos tanto metabólicos, fisiológicos como celulares, que son inducidos a su operación por una serie de factores cuya interacción es determinante para el desarrollo del embrión (Grajales, 1990). Tales factores pueden ser exógenos y endógenos.



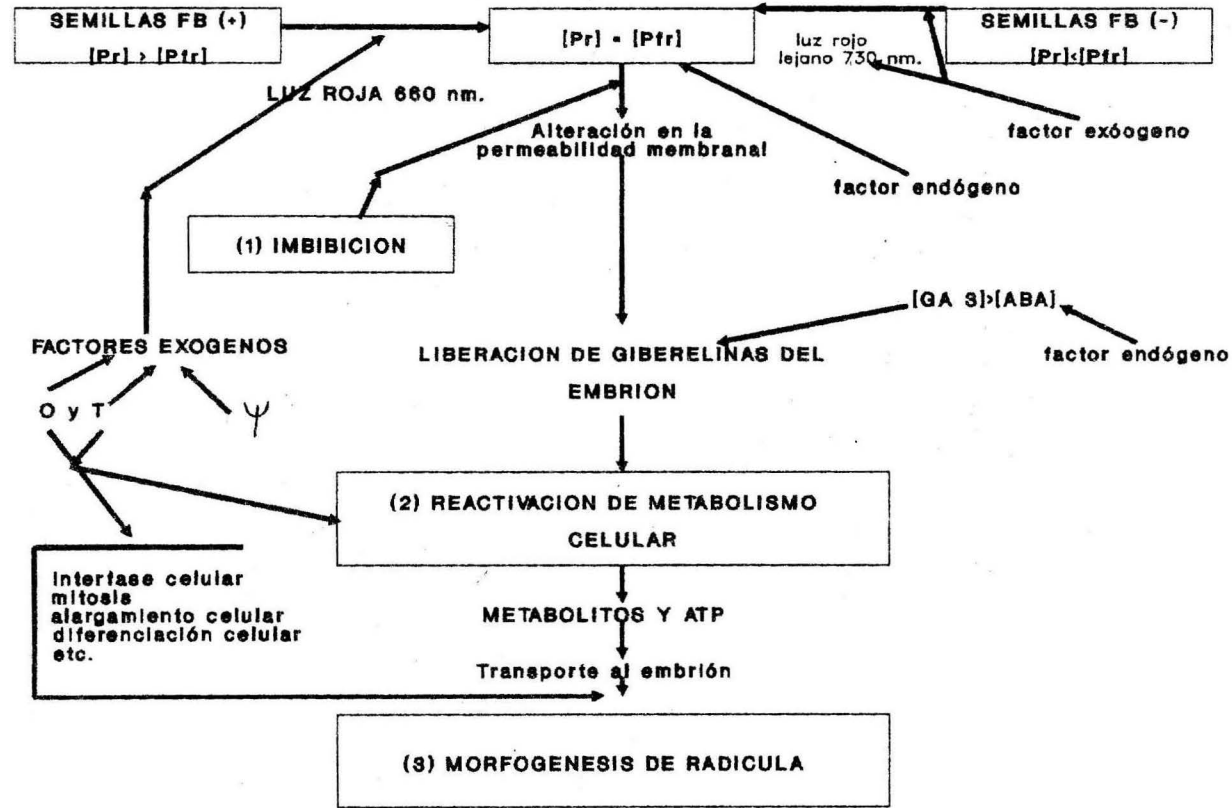
Los factores exógenos son la temperatura, los niveles óptimos de oxígeno y el gradiente de potencial hídrico establecido entre el interior y el exterior de la semilla. Por otra parte los factores endógenos son los niveles adecuados de fitocromo en sus dos conformaciones (se ha llegado a considerar como un equilibrio fisiológico de  $[Pr]=[Pfr]$ , en términos fisiológicos, porque desde un punto de vista morfogénético, el factor endógeno sería la madurez del embrión), la relación hormonal ABA/ GA < 1 y una testa permeable sin presentar inhibidores y sin resistencia mecánica, según se resume en el cuadro 2.

Se ha encontrado que para la germinación de las semillas de cactáceas se necesita tener adecuada humedad y una temperatura de 21 a 27 grados, Martín et al, (1971) citado por Trujillo, (1983), y en algunas especies de 24 a 35 grados C., Stefanis, J.P. y Robert, W.L., (1980).

Zimmer, (1977) estudio la germinación de varias especies de cactáceas (entre ellas *Echinocactus grusonii*) en relación con temperatura y luz. Bernard (1967) estudia las características morfológicas de la germinación de varios géneros incluyendo entre ellos *Echinocactus* Lk. & O. Actualmente no se tiene información específica de la germinación de *E. platyacanthus* pero se sabe que germinan bajo condiciones de suficiente humedad e iluminación, a una temperatura de  $24 \pm 2$  grados C. y que las semillas sean recientes. (Trujillo, 1983)

# GERMINACION

CUADRO 2



C.2. Esquema de la germinación que muestra la condición del fitocromo en los diferentes tipos de semillas según la condición del fitocromo que presentan. GRAJALES, 1990

### III.3.1.- FASES DE LA GERMINACION

#### III.3.1.1.- IMBIBICION.

El primer proceso que ocurre durante la germinación es de carácter fisiológico, consiste en la incorporación de agua a la semilla y se denomina imbibición; el cual se efectúa por la diferencia de potenciales hídricos entre la semilla y su ambiente (Grajales, 1990). El potencial hídrico exterior debe ser mayor al potencial hídrico interno de la semilla para mantener en operación este proceso, el cual abarca por lo menos tres fases de incorporación rápida de agua intercaladas con dos períodos de reposo FIG.1. La primera fase de incorporación es efectuada tanto en semillas viables como en semillas dañadas (Martínez, 1983) ya que su realización depende de la diferencia de potencial hídrico. Una vez que entra el agua a la semilla ocurre una restauración membranal y el fitocromo es hidratado desarrollando su conformación nativa necesaria para funcionar, siendo esto un DISPARADOR de la germinación. Entonces el agua continua entrando y activando enzimas hidrolasas y RNAs preexistentes que al actuar sobre el metabolismo celular, se generan condiciones favorables para permitir una nueva incorporación de agua, tal y como se esquematiza en el cuadro 3. En estas siguientes fases es necesario la viabilidad de las semilla para continuar estableciéndose una diferencia de potencial y mantener en acción ese proceso fisiológico, Sen et al y Spiegel et al, (1975), encuentran una relación entre estas incorporaciones rápidas de agua con la acción de procesos metabólicos importantes como la síntesis de RNAm en los primeros minutos de imbibición en semillas de trigo y centeno.

# IMBIBICION

## FASES DE INCORPORACION Y REPOSO

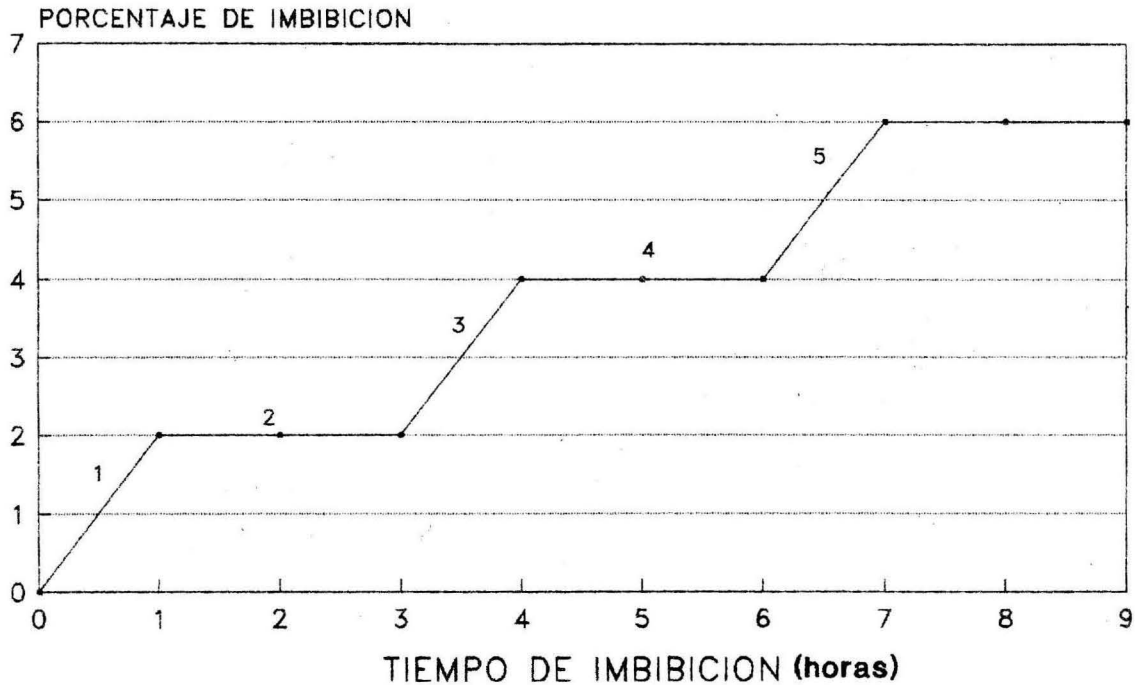
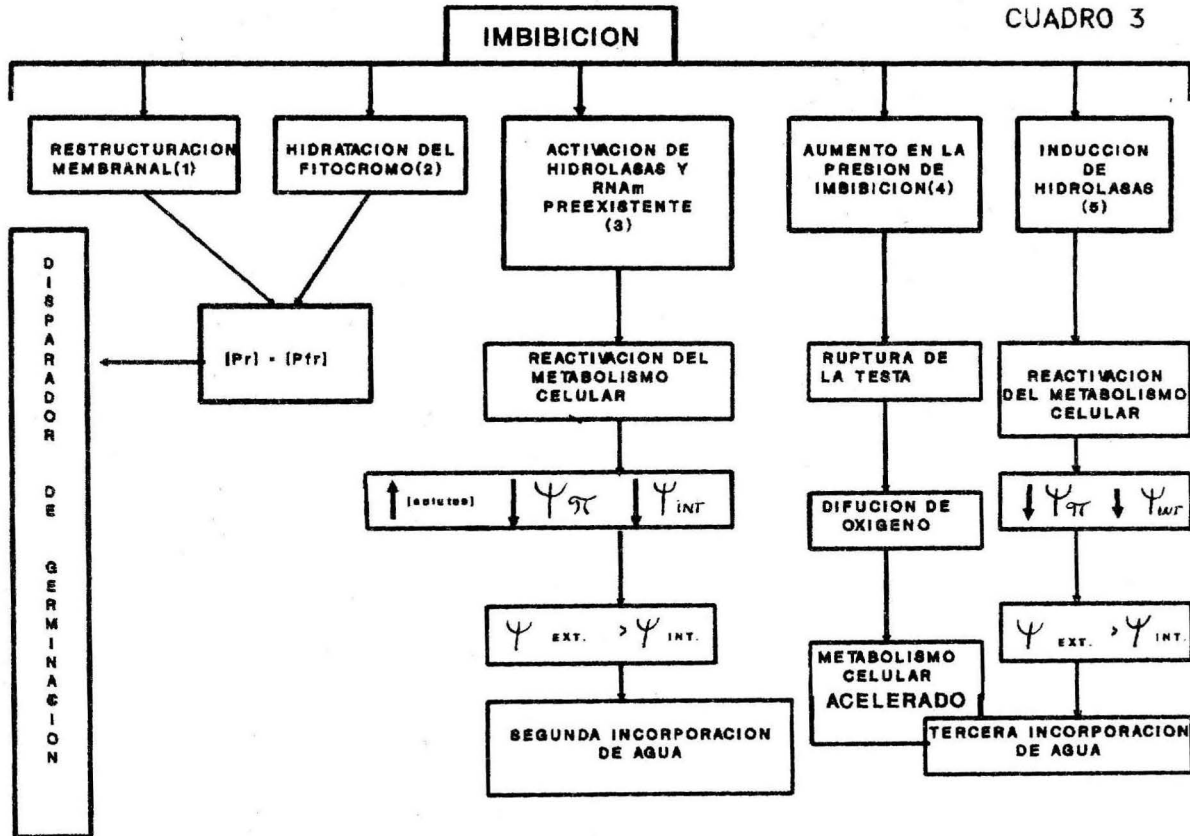


FIGURA 1 Representación gráfica de las fases de incorporación (1,3 y 5) alternando con las de reposo (2,4) Wilkins, (1986).



Cuadro que presenta los eventos que ocurren durante las fases de incorporación de agua en el proceso de imbibición. (WILKINS, 1988).

Además este proceso es asociado con la formación de geles coloidales, y trae como consecuencia el hinchamiento de los sólidos de la semilla ocasionando la ruptura de la testa (Cruz, 1983). Cuadro 4

Martínez, 1983 menciona que el agua no implica valores críticos, pero se sabe que cada especie responde en forma muy particular a este factor, puesto que la humedad proporcionada puede afectar tanto el porcentaje como la velocidad de germinación (Hartman y Kester, 1975). El nivel crítico de agua es específico de cada especie, entendiéndose por este, que es la cantidad mínima necesaria de agua que la semilla necesita para disparar su germinación (Wilkins, M.1985). Por otra parte la velocidad de imbibición puede dañar a la semilla ya que una rápida toma de agua podría impedir la difusión de oxígeno a las células (Mayer y Shain, 1974).

### III.3.1.2.- REACTIVACION DEL METABOLISMO CELULAR

La segunda etapa que ocurre durante la germinación es de carácter metabólico, aunque en realidad es la suma de múltiples procesos metabólicos que componen el metabolismo de las células constituyentes de las semillas durante la germinación. Dichos procesos metabólicos iniciales están dirigidos hacia el catabolismo celular, por lo que ocurre la degradación de macromoléculas de reserva alimenticia presentes en la semilla.

#### III.3.1.2.a.- CATABOLISMO DE ALMIDON.

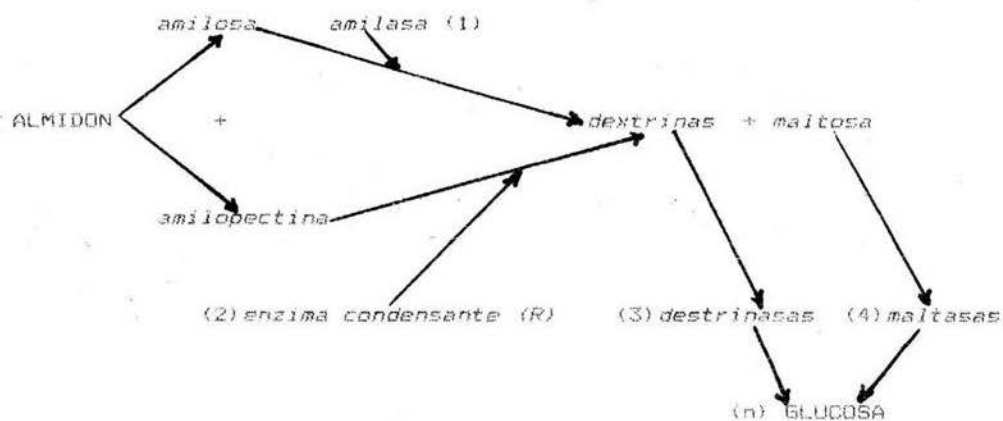
- Vía Fosforilítica. En esta vía metabólica el almidón es degradado por acción de las enzimas fosforilasas de almidón, cuya activación enzimática es dirigida por la hidratación, a medida que la semilla va incorporando agua, durante la imbibición.

La reacción general es la siguiente:



En virtud a la naturaleza de la activación de estas enzimas, tal vía metabólica ocurre en las fases tempranas de la germinación.

-Vía Amilolítica. A través de esta vía, el almidón es degradado secuencialmente hasta glucosa por la participación de varias enzimas, entre ellas, las más sobresalientes, por ser una enzima regulatoria de la vía, es la alfa amilasa. Esta es producida mediante inducción enzimática por acción de las giberelinas liberadas del embrión cuando el fitocromo ha sido hidratado y activado. Por esta razón, la vía amilolítica ocurre en etapas más tardías de la germinación y la reacción general es la siguiente:



Tomado de Galston, (1968); Salisgury, (1978).

### III.3.1.2.b.- CONVERSION DE LIPIDOS A CARBOHIDRATOS.

A medida que la semilla está efectuando sus procesos metabólicos, los productos o metabolitos son enviados al embrión a través del eje embrionario, medio de transporte de naturaleza soluble, por lo cual no es fácil la translocación de los productos grasos derivados de los lípidos de reserva en la semilla. Esto hace necesario la activación de un proceso metabólico característico de la germinación, conversión de lípidos a carbohidratos.

Dicho proceso comprende la participación de 5 vías metabólicas reguladas por enzimas cuya activación, es tanto por vía hidratación como por inducción enzimática (desrepresión de operones regulada por las giberelinas), cuadro 4

### 3.1.2.c.- FERMENTACION.

Una vez que los almidones se han ido degradando a glucosa, ésta continúa con el catabolismo celular. En las etapas tempranas de la germinación aún no llega suficiente oxígeno a las células metabólicamente activas de la semilla y así la glucosa empieza a ser oxidada parcialmente mediante el proceso conocido como fermentación. Este incluye una vía metabólica que es la glucólisis.



CONVERSION DE LIPIDOS A CARBOHIDRATOS

CUADRO 4

VIA METABOLICA	SUSTRATO INICIAL	PRODUCTO FINAL	SITIO CELULAR
LIPOLISIS	-TRIGLICERIDO -DIGLICERIDO -MONOGLICERIDO	-3 AC.GRASOS+GLICEROL -2 AC.GRASOS+GLICEROL -1 AC.GRASO+GLICEROL	LIPOSOMAS
B-OXIDACION	-Acil CoA GRASOS	-ACETIL CoA NADH y FADH2	GLIOXISOMAS
CICLO DE GLIOXILATO	-ACETIL COENZIMA A	SUCCINATO	GLIOXISOMAS
CICLO DE KREBS • RESUMEN • (APENDICE)	-ACETIL CoA  - SUCCINATO	CO -GTP -NADH y FADH2 -OXALOACETATO	MITOCONDRIA
GLUCONEOGENESIS	-OXALOACETATO  - PIRUVATO	GLUCOSA FOSFORILADA	CITOPLASMA

Cuadro que resume las 5 vías metabólicas involucradas en la conversión de lípidos a carbohidratos. Grajales,1990

## FERMENTACION

SUSTRATO INICIAL	=	GLUCOSA
PRODUCTO FINAL	=	ETANOL o LACTATO
SITIO CELULAR	=	CITOPLASMA
FINALIDAD DEL PROCESO	=	OBTENER ATP BAJO CONDICIONES ANAEROBICAS

### III.3.1.2.d.- RESPIRACION AEROBICA

A medida que las células de la semilla van recibiendo un aporte adecuado de oxígeno, dadas sus necesidades de ATP para sostener el crecimiento del embrión, la glucosa ahora es oxidada totalmente a través del proceso metabólico llamado respiración aeróbica. Este comprende 3 vías metabólicas secuenciales. (cuadro 5)

### III.3.1.2.e.- CATABOLISMO DE PROTEINAS

Las proteínas sirven como fuente de aminoácidos y nitrógeno por medio de la degradación proteolítica los cuales son transportados a las zonas de crecimiento del embrión donde son utilizados.

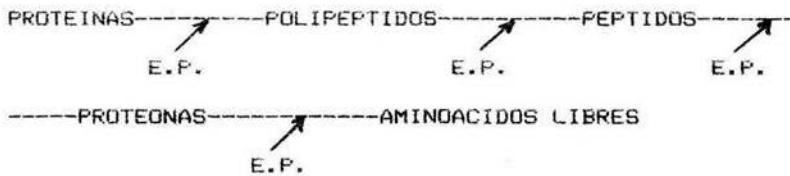
Su degradación involucra la acción de enzimas proteolíticas, algunas de ellas, ya existentes en la semilla mientras que otras son inducidas a su síntesis por la acción de las

CUADRO 5

<b>RESPIRACION AEROBICA</b>				
<b>VIAS METABOLICAS</b>	<b>SUSTRATO INICIAL</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>	<b>SITIO CELULAR</b>	<b>FINALIDAD DE LA VIA</b>
<b>GLUCOLISIS</b>	<b>GLUCOSA</b>	<b>PIRUVATO</b>	<b>CITOPLASMA</b>	<b>PRODUCCION DE PIRUVATO PARA SUSTENTAR LA RESPIRACION AEROBICA O LA FERMENTACION</b>
<b>CICLO DE FREBS</b>	<b>ACETIL CoA</b>	<b>COENZIMAS REDUCIDAS</b>	<b>MATRIZ MITOCONDRIAL</b>	<b>GENERAR LOS SUSTRATOS PARA ALIMENTAR LA CADENA RESPIRATORIA</b>
<b>FOSFORILACION OXIDATIVA</b>	<b>COENZIMAS REDUCIDAS</b>	<b>ATP Y AGUA</b>	<b>CRESTAS MITOCONDRIALES</b>	<b>PRODUCIR LA MAYOR CANTIDAD DE ATP</b>

Vías metabólicas que comprende la respiración aeróbica. GRAJALES, 1990

giberelinas. Esto se resume de la siguiente manera:



E.P. = Enzimas Proteolíticas

Algunos aminoácidos son almacenados en la poza común como reserva para nueva síntesis de proteínas y otros aminoácidos son degradados por desaminación oxidativa, produciendo amoníaco que sirve como fuente de nitrógeno y ácidos orgánicos que se incorporan al ciclo de krebs, conduciendo finalmente a la fosforilación oxidativa con producción de ATP. Además ciertos a.a. también son usados para la síntesis de fitohormonas.

#### III.3.1.2.f.- CATABOLISMO DE FITINA.

La principal reserva de minerales es la fitina (sales de calcio, magnesio y potasio del ácido fitico), cuya hidrólisis depende de la fitasa, que es una enzima inducible quizás por las giberelinas. (Lehninger, 1975; Slisbury y Cleon, 1978; Wilkins, 1985; Dennis y Turpin, (1990).

El producto de su acción libera iones fosfato, calcio y magnesio, los cuales se transportan a través del tallo embrionario para ser utilizados en la zona de crecimiento del embrión.

### III.3.1.3. MORFOGENESIS DE RADÍCULA

Es la suma de todos los procesos celulares que intervienen en la formación de los órganos, en este caso el primer órgano diferenciado durante la germinación es la radícula. Los procesos celulares se mencionan a continuación:

Interfase celular

División celular

Alargamiento

Diferenciación celular

Reconocimiento y unión celular

Reconocimiento y unión intertisular

Morfogénesis de radícula.

Se resumen en el cuadro 6.

PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA GERMINACION DE LA SEMILLA

FISIOLOGICOS	METABOLICOS *	CELULARES
<p>1.- IMBIBICION*</p> <p>2.-TRANSPORTE DE METABOLITOS AL EMBRION</p>	<p>1.-RESPIRACION AEROBICA</p> <p>2.-FERMENTACION</p> <p>3.-CONVERSION DE LIPIDOS A CARBOHIDRATOS</p> <p>4.-SINTESIS DE PROTEINAS</p> <p>6.-SINTESIS DE ACIDOS NUCLEICOS</p> <p>6.- SINTESIS DE FITOHORMONAS</p> <p>ETC...</p>	<p>1.-INTERFASE CELULAR</p> <p>2.-DIVISION</p> <p>3.-ALARGAMIENTO</p> <p>4.-DIFERENCIACION CELULAR</p> <p>5.-RECONOCIMIENTO Y UNION CELULAR</p> <p>6.-RECONOCIMIENTO Y UNION INTERTISULAR</p> <p>7.-MORFOGENESIS DE RADICULA *</p>

\* NOTESE QUE LA IMBIBICION, LA REACTIVACION DEL METABOLISMO CELULAR Y LA MORFOGENESIS DE RADICULA SON LAS TRES FASES EN LAS QUE SE ACOSTUMBRA ESTUDIAR LA GERMINACION

Cuadro de germinación que resume los procesos involucrados en esta etapa fenológica. Como son procesos metabólicos, fisiológicos y celulares. Grajales, 1990

### III.3.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA GERMINACION

La germinación es una etapa fenológica que involucra la participación de muchos procesos metabólicos, celulares y fisiológicos. Estos mismos se ven afectados por factores tanto exógenos como endógenos.

#### III.3.2.1. Factores Exógenos.

##### III.3.2.1.a. - AGUA

El agua es incorporada a la semilla gracias a un gradiente favorable de potencial hídrico entre el exterior y el interior a través del proceso de la imbibición. Una vez incorporadas las moléculas de agua, se inicia una serie de eventos moleculares que tienden a disparar los distintos procesos de la germinación. Tales eventos se enlistan en el cuadro 3.

##### 3.2.1.b. - TEMPERATURA

Este factor exógeno interviene durante la imbibición ya que es un factor que afecta al potencial hídrico y también participa durante la reactivación del metabolismo celular, así como en la morfogénesis de radícula, ya que la temperatura es un factor que regula la actividad enzimática.

La temperatura sobre la germinación puede ser expresada en términos de temperatura mínima, óptima y máxima. La temperatura

Óptima se define como la condición térmica bajo la cual se da un alto porcentaje de germinación en un período de tiempo. Este factor puede influenciar fuertemente el porcentaje y el rango de germinación y esta respuesta depende de la especie, variedad de la semilla y región de crecimiento, Copeland (1976).

Se ha comprobado que pequeñas diferencias de este factor puede modificar en forma importante la respuesta de germinación, ya sea retardándola e incluso inhibiéndola por completo, Fearn (1981). La temperatura óptima para la germinación de la mayoría de las especies se encuentra entre los 15 y 30 grados centígrados, Copeland (1976).

Trujillo reporta que las semillas de cactáceas germinan a una temperatura entre los 24 y 27 grados centígrados y que precisamente en *Carniega gigantea* (saguaro) se ha visto que la humedad y temperatura son los factores que más afectan su germinación (Brum, 1973).

Zimmer (1977) al investigar la germinación en varias especies de cactáceas encontró que la mayoría germinaba mejor a una temperatura de 20 a 25 grados c.

Para la especie en estudio *Echinocactus platyacanthus* se encontró que la germinación se iniciaba a una temperatura de 24 grados c. (Trujillo, 1982).

### 3.2.1.c. GASES

Los rangos de la respiración son altos en la germinación por lo cual se requiere de una concentración de oxígeno adecuada. La



concentración de oxígeno en la atmósfera es de 20 % y se ha determinado que es importante en la promoción o inhibición de la germinación. En muchas clases de semillas se ha visto que el porcentaje de germinación disminuye, o la respuesta germinativa es retardada cuando la concentración de oxígeno decrece, aunque la semilla de arroz es la notable excepción ya que tiene un mecanismo de respiración anaeróbica (sin oxígeno) que permite la germinación en tales condiciones (Hartmann, Flocker y Kofraneck, 1981; Martínez, 1983). En la mayoría de las semillas se presenta un incremento en la respiración casi inmediatamente después de la imbibición, la cual continua aumentando alrededor de las primeras 12 horas, registrándose altas y bajas en el consumo de oxígeno (Jann y Amen, 1980) aunque Roberts y Moreland, 1969 y 1974 respectivamente afirman que el oxígeno se requiere en eventos tardíos de la germinación como lo reporta, op cit.

Este proceso se relaciona con células vivas que involucran necesariamente un gasto energético que implica un intercambio gaseoso que se realiza a través de las cubiertas de la semilla. (Mayer y Poljakoff, 1975).

### 3.2.1.4 LUZ

La influencia de la luz sobre la germinación ha sido estudiada en varios cientos de especies encontrando que la respuesta puede estar relacionada con su presencia, ausencia o ser indiferente a la misma. Tanto la intensidad como la calidad (longitud de onda) de la luz influyen en la respuesta de germinación, el primer parámetro

varía entre las especies, por ejemplo: Copeland, 1976 reporta que en algunas especies la germinación de sus semillas es promovida por la luz de la luna, mientras que otras requieren de altas intensidades luminosas como las semillas de lechuga.

→ En cuanto a la longitud de onda, se ha visto que la promoción de la germinación ocurre en el área del rojo con un máximo en los 660 nm. y se ve inhibida en los 730 nm., área del rojo lejano.

A raíz de las investigaciones relacionadas con esta respuesta se aisló y purificó una macromolécula que responde a estas longitudes de onda y se le denominó **FITOCROMO**. Esta sustancia de naturaleza proteica, presenta un espectro de absorción que se relaciona íntimamente con el espectro de acción de la germinación lo que hace evidente su participación en este proceso. ←

El fitocromo es una cromoproteína que existe en dos conformaciones fotointerconvertibles, denominadas Pfr (fitocromo rojo lejano) conformación fisiológicamente activa que absorbe la energía radiante en la porción del rojo lejano, de 730 nm., y Pr (fitocromo rojo) conformación fisiológicamente inactiva) que a su vez es capaz de absorber en la porción del rojo que es de 660 nm. En la FIG. 2 se presenta lo que sucede en la proteína durante su fotoconversión. Además el fitocromo sirve como un fotorreceptor en todas las fotorreacciones reversibles rojo-rojo lejano de las plantas. Básicamente las reacciones de transformación del fitocromo son 3 y han sido descritas de la siguiente forma. cuadro 7.

La reacción 1 (fotoconversión) comprende dos reacciones de primer orden, reacciones fotoquímicas.

La reacción 2 reversión oscura Pfr a Pr la cual ha sido

demostrada en varias dicotiledoneas pero no así en monocotiledoneas.

La reacción 3 (metabolismo) comprende la destrucción del fitocromo cuya reacción es de orden 0 la cual se ubica en todos los tejidos que contienen fitocromo. Es el resultado de un decremento en la fotorreversibilidad total del fitocromo probablemente en función de la degradación de la proteína (Moore, 1989).

El mecanismo de la fototransformación del fitocromo se muestra en el cuadro 7 (Moore, 1989).

El fitocromo ha sido positivamente identificado en numerosas especies de angiospermas, gimnospermas, algas verdes y plantas de otros grupos filéticos. En investigaciones realizadas por W.R. Briggs y H.W.

Siegelman (1965) acerca de la distribución del fitocromo usando el espectroscopio encontraron en general altas concentraciones de fitocromo en tejidos meristemáticos sugiriendo que estos pueden ser sitios activos de síntesis de la proteína, su distribución fue comparada con la de otros sistemas fisiológicos encontrándose una distribución paralela a las auxinas.

En cuanto a su localización intracelular Hendricks y H.A. Borthwick piensan que el fitocromo puede existir en asociación con membranas citadas por Moore, 1989. Aprovechando la evidencia anterior se considera que el fitocromo forma parte del sistema membranar de la célula incluyendo plasmalema y membrana de cloroplastos maduros, también se considera que el Pfr una vez formado se dirige rápidamente y ataca algunos componentes del sistema membranar.

La mayoría de las fotorreacciones o procesos que involucran al fitocromo son de 3 grandes grupos.

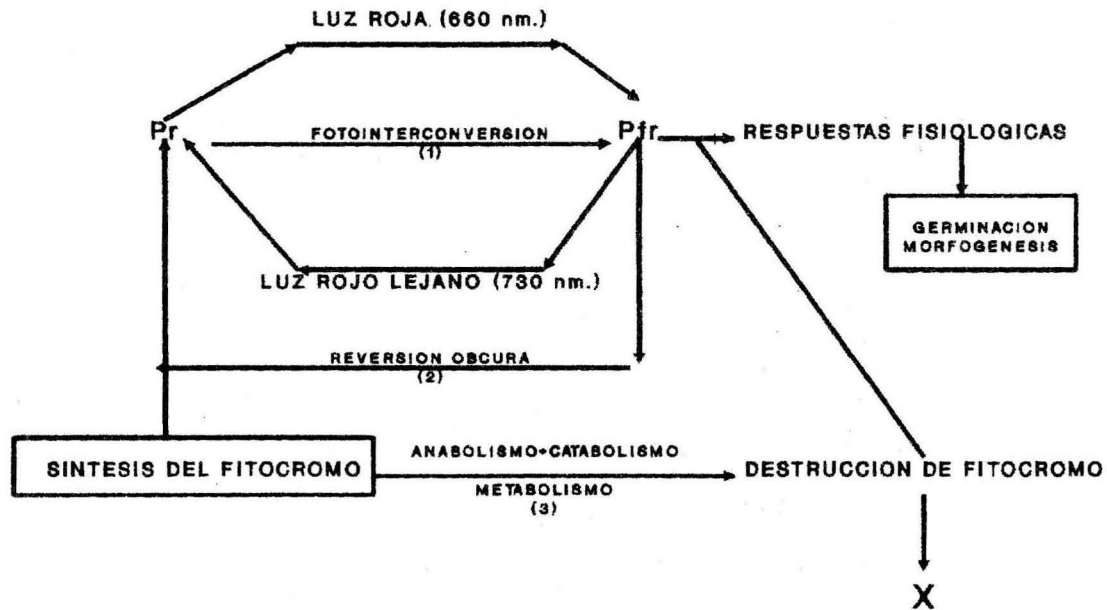
1.- **FOTOPERIODICAS.** Respuestas fotomorfogénicas tales como la iniciación floral en especies fotoperiódicamente sensitivas, formación de yemas latentes, tubérculos etc.

2.- **NO FOTOPERIODICAS.** Respuestas fotomorfogénicas tales como el verdor de las plantas etioladas, germinación de algunas clases de semillas elongación de rizomas de helechos y otros

3.- **NO MORFOGENICAS.** Tales como síntesis de antocianinas y de algunas enzimas cloroplásticas y otras.

No obstante, al irse esclareciendo la participación del fitocromo en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, puede comprenderse que estas fotorreacciones o procesos que involucran al fitocromo en realidad son interdependientes. Por ejemplo, el que el fitocromo participe en la regulación de la síntesis de antocianinas, aparentemente es una reacción o proceso NO MORFOGENICO; sin embargo, al profundizar en la acción de las antocianinas y su importancia durante la floración, particularmente durante la ANTESIS o maduración de la flor, fase esencial para iniciar la polinización y fecundación de la flor y así continuar con la fenología de la planta y su morfogénesis, podemos entender ahora que la participación del fitocromo produciendo esta reacción o respuesta no es aislada sino interdependiente y relacionada con la morfogénesis.

PROCESOS INVOLUCRADOS EN MANTENER EL EQUILIBRIO DE LAS DOS CONFORMACIONES DEL FITOCROMO



Representación esquemática del mecanismo de fototransformación del fitocromo. Talz y Zeiger, (1991)

FIGURA 2

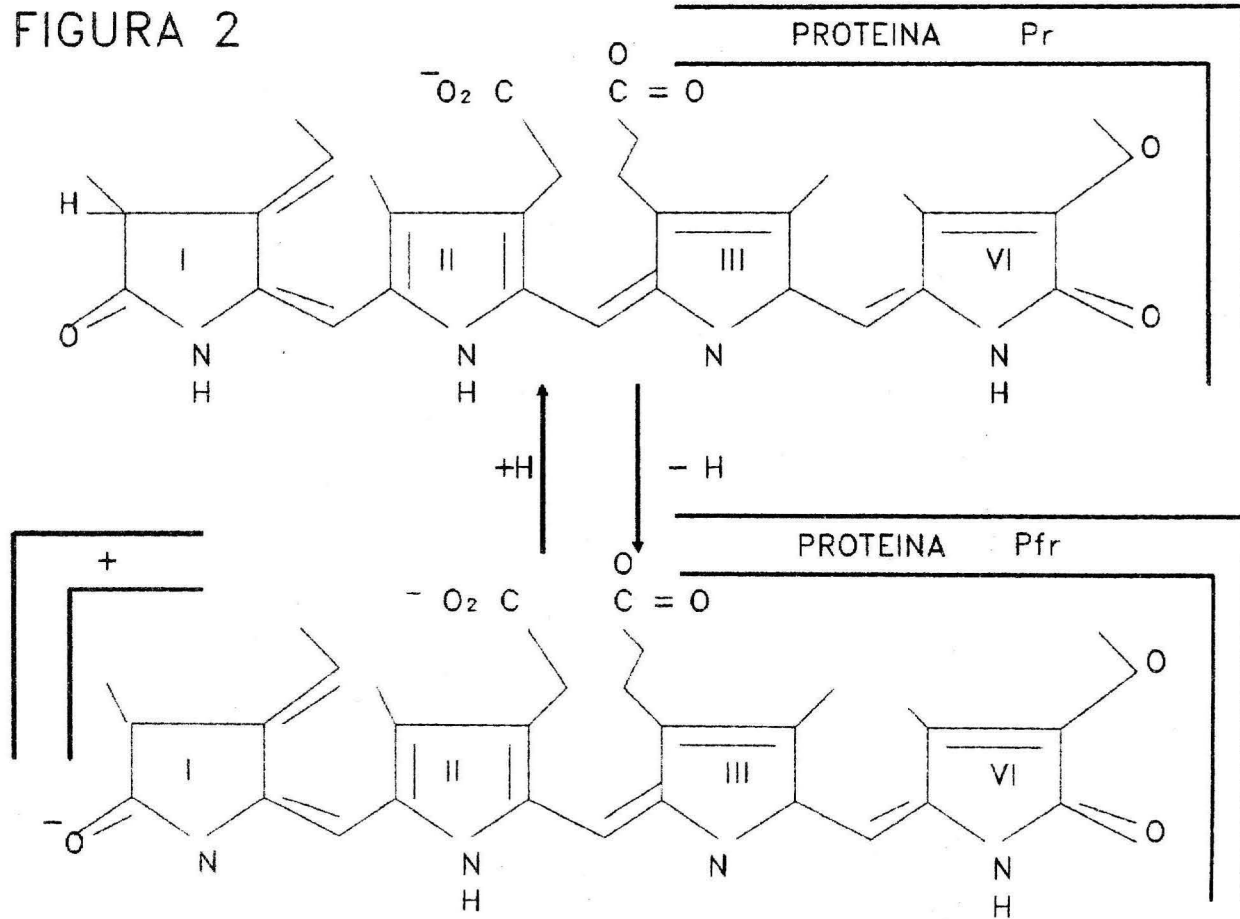


FIG. 2. Estructura del cromóforo del fitocromo propuestapor Rudinger, esquematizando la transformación ácido base inducida. CRUZ, 1984

#### IV.- Hipótesis

Este trabajo parte de los siguientes supuestos:

1.- Como la semilla de *Echinocactus platyacanthus* pertenece a la familia de las cactáceas se espera que presente un nivel crítico de agua menor al 10 %.

2.- La semilla de *E. platyacanthus* por las características propias de su especie en cuanto a la dispersión de las mismas se espera que su germinación sea promovida por la luz.

## V.- MATERIAL Y METODOS

### IV.1. VALOR CRITICO

Para conocer el porcentaje mínimo de imbibición fue necesario definir el nivel crítico de agua por medio de la determinación de la variable de respuesta medida como porcentaje de imbibición, para ello se manejó un diseño experimental de 15 X 3 que corresponde a 15 tiempos de imbibición ( 0.25, 0.5, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas) y 3 temperaturas que fueron 25, 30 y 35 grados c. el arreglo de las unidades experimentales (U.E.) fue completamente al azar.

Las variables de respuesta fueron el porcentaje de imbibición que ya se mencionó y el porcentaje de germinación a condiciones de laboratorio. Siendo un total de 45 tratamientos con 5 repeticiones cada uno.

Se utilizaron en este experimento semillas de *Echinocactus platyacanthus* colectadas 4 meses antes de iniciar la parte práctica (Martínez, 1983), el lugar de colecta se ubica en la Barranca de Metitlán Hgo. Las unidades experimentales fueron equivalentes a un lote de 50 semillas. Los lotes se pesaron en una balanza analítica marca August Sauter GmbH D-74 70 Albstadt Ebingen, para establecer su peso inicial, ya que el porcentaje de imbibición fue calculado por el método de diferencia de peso.

Las semillas se colocaron en costalitos de material permeable para facilitar su manipulación ya que se trata de una semilla pequeña, se amarraron 5 costalitos con hilo cáñamo marcados para cada tiempo de imbibición. Esto se realizó en la sección de manipulación y conteo FIG 3, la cual consiste de una campana de extracción cuyo interior



fue pintado de color negro cubriendo de papel aluminio los orificios internos, así como la ventana de la misma. La fuente de luz consistente de 2 lámparas fluorescentes marca philips, luz de día, TL 20 W T 38 (t12)/54, que se cubrió con una capa doble de papel celofán verde. Las lámparas presentan cierta inclinación por lo que la luz no incide directamente a la mesa de trabajo, encontrándose a una distancia aproximada de un metro. (Martínez, 1983)

Posteriormente se pusieron en imbibición en vasos de pp. de 125 ml. con agua destilada suficiente para cubrir los lotes de semillas, la cual estuvo a la temperatura deseada. Los vasos se forraron con papel aluminio y tapados con el mismo material para evitar la incidencia de luz cuando son transportados de una sección otra, se etiquetaron para cada tiempo. En aquellos tiempos mayores de 24 horas el agua se cambió en un período igual de tiempo con la finalidad de eliminar posibles inhibidores en el agua de imbibición.

La temperatura fue lograda en una estufa marca "Riosa" (SiC- DGE 9673) siendo la sección de imbibición. Una vez transcurrido el tiempo de imbibición correspondiente, los lotes se trasladaron a la sección de manipulación y conteo en donde se retiraron del agua, se les quitó el exceso de la misma con papel secante y se pesaron para obtener el peso final de los lotes de semillas con el cual se obtuvo el porcentaje de imbibición por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} = \text{Porcentaje de imbibición}$$

Peso inicial

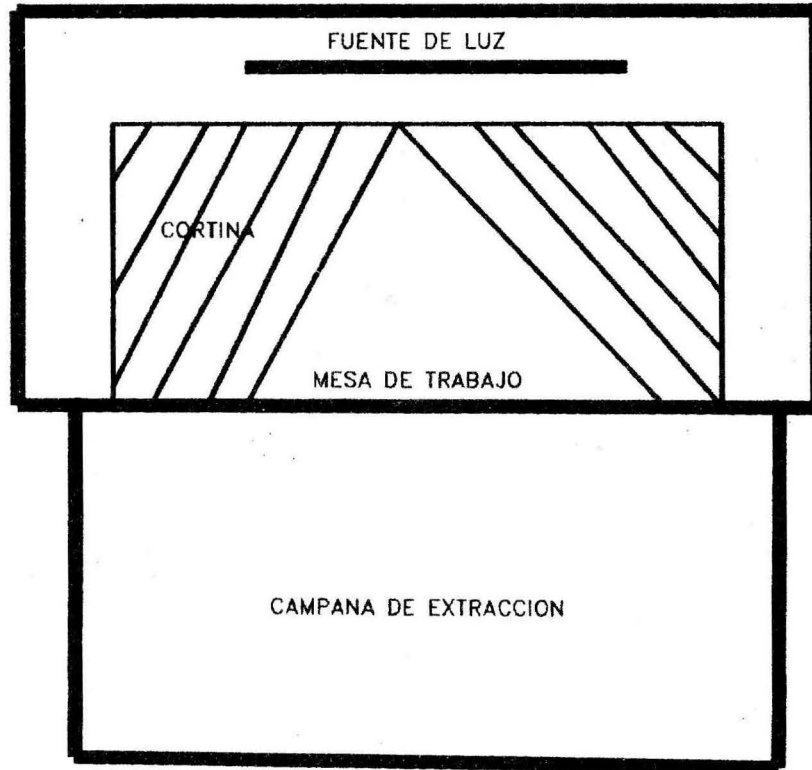
Se reportaron como porcentaje de imbibición para cada tiempo a

una temperatura de 25, 30 y 35 grados c. según sea el caso.

Para este experimento cada tratamiento se realizó por duplicado ya que un lote se utilizó para determinar el porcentaje de imbibición y otro fue colocado en cajas de petri de 9 cm. de diámetro con papel filtro humedecido previamente, para obtener el porcentaje de germinación. las cajas se marcaron y se pusieron a germinar a condiciones de laboratorio realizando observaciones necesarias, considerando como semilla germinada aquella que presentó emergencia de radícula. Se elaboraron tablas con los resultados y se realizaron las gráficas correspondientes.

SECCION DE MANIPULACION Y CONTEO

FIGURA 3



Campana de extracción adaptada para la sección de manipulación y conteo. Cortina de franela negra.

## V.2. TIPO DE LATENCIA

Por otra parte para distinguir el tipo de latencia, la parte experimental consistió de 3 partes: tratamiento de escarificación, irradiación y un bioensayo.

### V.2.1. ESCARIFICACION

Para el tratamiento de escarificación el diseño experimental fue de  $15 \times 3$  siendo 15 tiempos de imbibición ( 0.25, 0.5, 1.5, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 ) y 3 temperaturas de 25, 30 y 35 grados.

Los lotes de 50 semillas y sus 5 repeticiones etiquetados para cada tiempo fueron sometidos a una solución de ácido clorhídrico en proporción de 1:10 (0.5 N) durante 15 min., lavando posteriormente con abundante agua destilada, después se colocaron a imbibir a la temperatura deseada siguiendo el procedimiento del experimento anterior, también en este caso los tratamientos se hicieron por duplicado. Una vez transcurrido el tiempo de imbibición unos lotes se pesaron para determinar su peso final y a los cuales se les determinó el peso inicial previamente al tratamiento de escarificación. Los lotes restantes se pusieron a germinar en condiciones de laboratorio en cajas de petri con papel filtro humedecido con agua destilada, manteniéndose así el tiempo que duró el experimento. Finalmente se obtuvo el porcentaje de imbibición y germinación para cada tiempo en cada una de las tres temperaturas, ordenándose los resultados en tablas de datos y realizando las gráficas en cada caso.

### V.2.2. IRRADIACION

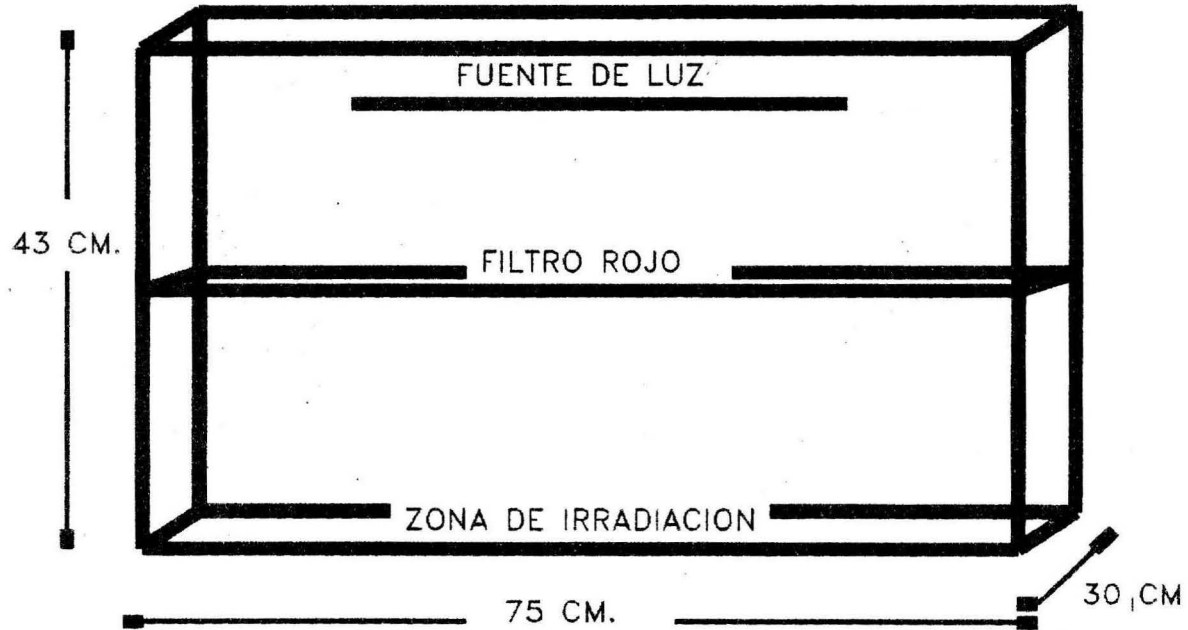
Para el tratamiento de irradiación con luz roja, la calidad se logró con una capa doble de papel celofán rojo (GRAF. 15) y 2 lámparas fluorescentes de 20 W marca solar 20w/T 38/BC/AP (precalentamiento 20), acabado blanco cálido, encontrándose a una distancia del material a irradiar de 35 cm. (Martínez 1983) FIG 4. La intensidad de luz que el material (semillas) recibió fue de 0.09 Klux fue medido con un fotometro proporcionado por el Lab. de fisiología de la ENEP. Iztacala.

Se manejó un diseño experimental completamente al azar. Los lotes de 50 semillas y 5 repeticiones por cada tiempo (8 tiempos) se pusieron a imbibir en oscuridad por un lapso de 3 horas a 30 grados C., antes de someterlos a irradiación. Después de que transcurrió el tiempo de imbibición las semillas se colocaron en cajas de petri con papel filtro húmedo. Las cajas de petri de 9cm. de diámetro fueron ferrada de papel aluminio para facilitar el traslado del material biológico de una sección a otra y además para evitar la incidencia de luz durante la incubación. Los tiempos de irradiación se variaron como sigue; 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas. El testigo no fue irradiado. Después de la irradiación los lotes se incubaron en oscuridad a una temperatura de 30 grados que fue también la temperatura de imbibición, los lotes se mantuvieron húmedos el tiempo que duró cada prueba.

La variable de respuesta para este experimento fue el porcentaje de germinación que estuvo dado por el número de semillas germinadas, realizándose monitoreos cada 24 horas dando por terminada la prueba cuando en 4 registros continuos no se presente cambio en el número de

FIGURA 4

## SECCION DE IRRADIACION



Sección de irradiación con luz roja calidad de luz lograda con una doble capa de papel celofán rojo. La fuente de luz consta de una lámpara fluorescente acabado blanco cálido

semillas germinadas.

### **V.2.3. BIOENSAYO**

Para cubrir un punto más de esta parte experimental se utilizó un bioensayo cuyo diseño experimental fue completamente al azar. Este experimento se hizo con el fin de detectar una latencia química por medio de la lixiviación de posibles inhibidores presentes en la testa.

Este experimento consistió en tratar semillas de rabanito variedad Cherry belle, (lotes de 10 semillas) con el agua de imbibición de las semillas de la cactácea en estudio *Echinocactus platyacanthus* a diferentes tiempos sin cambiar el agua, los tiempos de imbibición fueron 15, 3 temperaturas y 5 repeticiones por tratamiento.

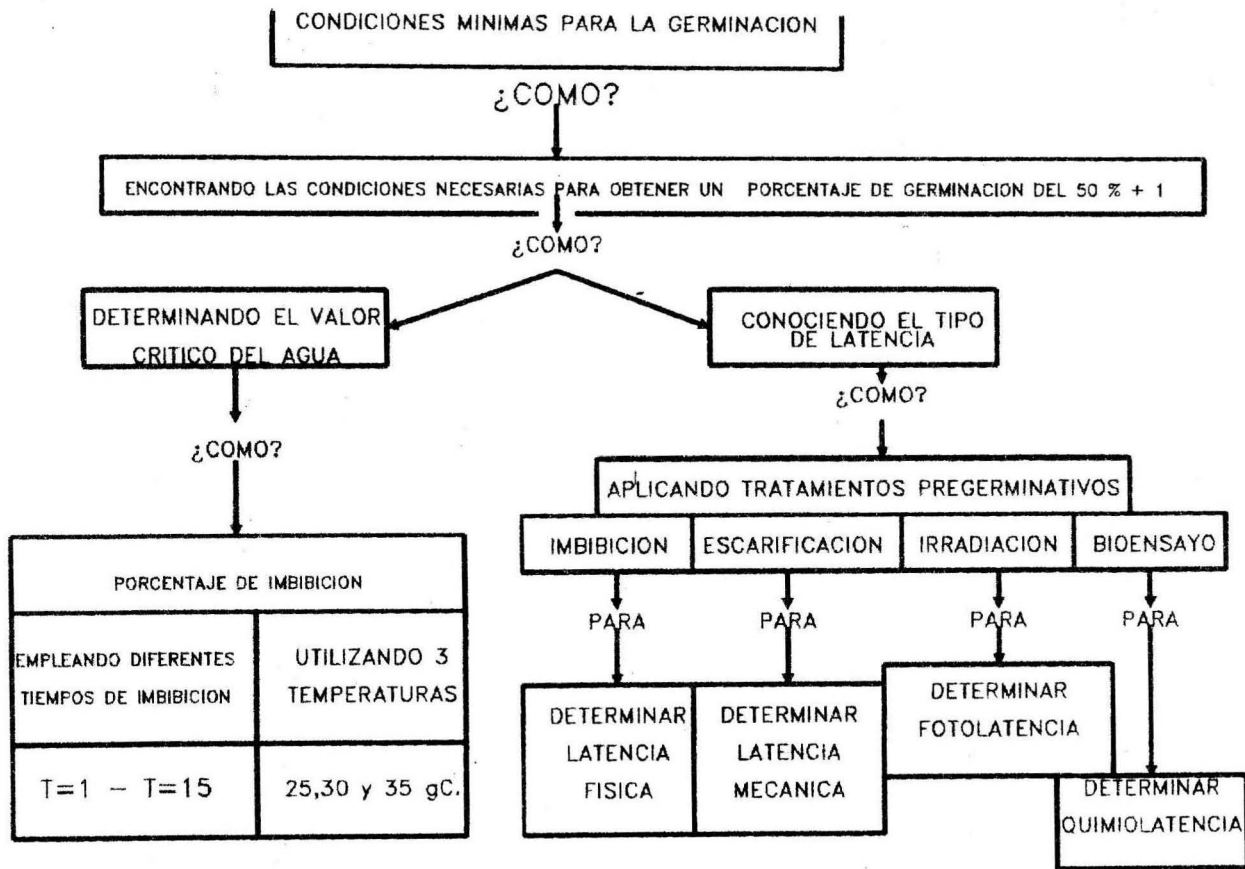
Las semillas de rabanito fueron humedecidas con esta agua de imbibición, y se colocaron en cajas de petri con papel filtro, orradas completamente de papel aluminio ya que estas germinan en obscuridad, se colocaron en incubación a una temperatura de 25 grados, se observaron diariamente para ver su respuesta germinativa.

### **V.2.4 PRUEBAS ESTADISTICAS**

Las pruebas estadísticas aplicadas fueron un modelo factorial de  $15 \times 3 \times 2$  para imbibición y germinación ya que por el número tan grande de tratamientos y variables ameritaban pruebas de gran precisión. Para comprobar la significancia de los resultados se realizó una prueba de diferencia mínima de tukey.

Para el tratamiento de irradiación y por la dependencia de las variables se aplicó una regresión lineal para ver la correspondencia de las mismas.





CUADRO 8. Diagrama del resumen del trabajo experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de imbibición obtenidos para los diferentes tiempos, para las tres temperaturas se presentan en la tabla 1. En todos los casos se encontró una clara tendencia a incrementar en forma por demás acelerada el porcentaje de imbibición. Esto se observa con mayor claridad en la gráfica 1. El análisis estadístico de ANDEVA muestra que hay diferencia significativa en todos los tratamientos aplicados, (Apéndice, tabla de andeva 1).

En la gráfica 1 se observa como el porcentaje de imbibición va aumentando en función del tiempo (GRAF. A y B, apéndice) y de la temperatura de imbibición, como es lógico esperar puesto que la velocidad de absorción o entrada de agua es un proceso dirigido por el gradiente de potencial hídrico entre el interior y exterior de la semilla y dicho gradiente es establecido por la acción de diversos factores entre ellos el tiempo y la temperatura. Se sabe que hay una relación directa entre estos factores y el potencial hídrico. (Galston, 1970; Mavey y Poljakoff, 1982).

Considerando que el valor crítico de agua es la cantidad mínima de agua necesaria para que la semilla manifieste su respuesta germinativa, se encontró que para la semilla en estudio el valor crítico es de 3.98 % a una temperatura de 35 grados C., puesto que en este tiempo mínimo (15 minutos) el porcentaje de germinación alcanzado fue mayor siendo de 95.33 % (GRAF. 2). Martínez, 1983 encontró que para *S. griseus* el valor crítico es del 20 % aunque Taylorson y Hendricks mencionan que para la semilla de *Amaranthus retroflexus* L., presentó un valor crítico del 17 % citado por

Martínez, (1983).

Este valor crítico encontrado en la semilla en estudio puede ser explicado porque es una cactácea que se desarrolla en climas semiáridos siendo el agua una limitante de esos sitios, por lo que con un bajo porcentaje de agua alcanzado en un tiempo mínimo es suficiente para activar su metabolismo y manifestar su respuesta germinativa. (Bravo, H., 1990)

La incorporación de agua en esta semilla a las tres temperaturas muestra un patrón de comportamiento similar en el que se presentan tres fases de incorporación rápida de agua alternadas con dos fases de reposo en la imbibición (Wilkins, 1985), (GRAF. 3, 4 y 5).

Tomando en cuenta que la semilla presenta una condición de bajo metabolismo lo que le confiere un alto grado de deshidratación y un valor muy bajo de potencial hídrico (JANN and AMEN, 1977; Mayer y Poljakoff, 1982), cuando ésta se pone en contacto con el agua tiende a absorber gran cantidad de agua con el fin de restaurar su equilibrio hídrico, ya que su potencial hídrico interno es menor que el externo que la rodea (Grajales, 1990; op cit.), durante el cual el peso fresco de la semilla aumenta rápidamente. La absorción continúa en las primeras horas y posteriormente se ve disminuida e incluso deja de incorporarse agua presentándose un período de reposo intermedio en el cual no se observa aumento de peso, ya que se ha establecido un equilibrio de potenciales hídricos, gráficas 3, 4 y 5 (Villers, 1979).

A medida que el agua penetra a la semilla es utilizada inmediatamente para la restauración membranar e hidratación de enzimas y RNAm preexistentes, hidratación de fitocromo, accionándose

## PORCENTAJE DE IMBIBICION EN SEMILLAS

### SEMILLAS SIN ESCARIFICAR

#### TIEMPO HORAS

	0.25	0.6	1.0	1.6	2	4	6	12	24	48	72	96	120	144	168
T °C															
25	1.44	3.81	5.97	8.98	9.61	13.18	14.90	18.72	21.64	22.49	24.83	25.19	26.71	24.77	27.74
30	4.89	7.02	8.06	8.99	11.23	14.87	17.67	19.64	26.84	24.06	24.49	26.34	26.24	26.01	25.82
35	3.98	5.86	9.06	9.80	11.87	13.98	18.93	19.60	26.06	22.76	21.71	23.30	22.68	23.45	23.29

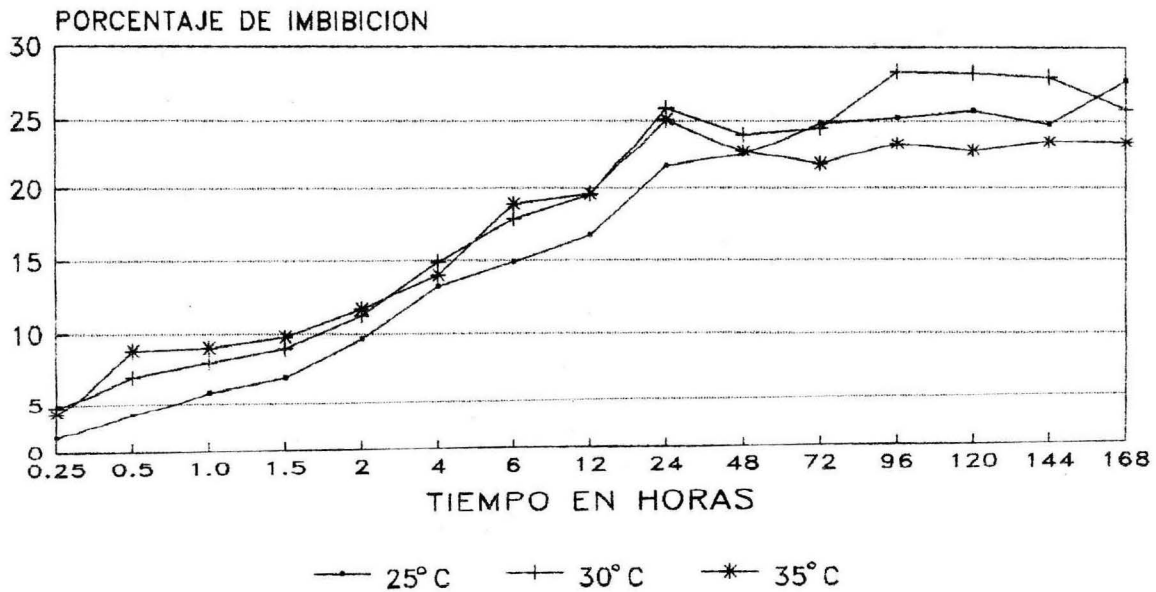
### SEMILLAS ESCARIFICADAS

#### TIEMPO HORAS

	0.25	0.5	1.0	1.6	2	4	6	12	24	48	72	96	120	144	168
T °C															
25	8.27	9.17	10.82	12.88	14.04	19.57	17.66	20.60	26.70	25.78	26.79	26.84	26.24	25.01	26.74
30	6.04	7.28	12.20	8.44	13.45	18.89	21.88	22.99	24.40	26.00	26.10	25.81	27.09	27.86	28.08
35	8.01	10.14	11.80	17.00	17.64	24.59	23.08	27.91	26.28	26.04	24.68	25.21	24.02	23.27	23.93

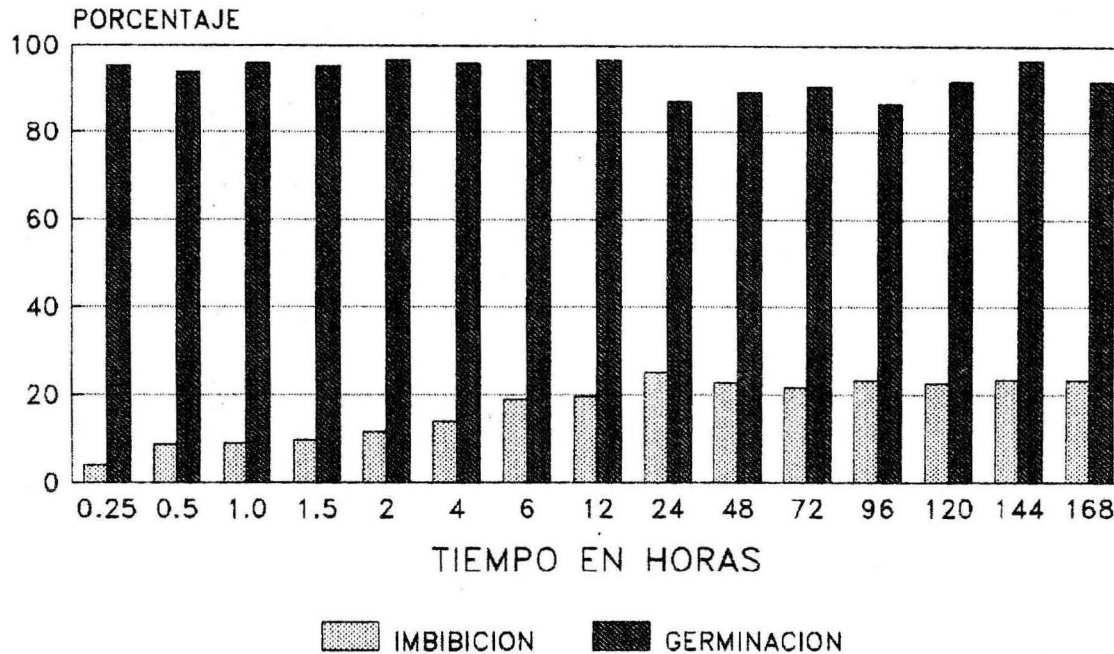
TABLE 1. Resultados del porcentaje de imbibición en semillas sin escarificar y con escarificación en tres temperaturas para 15 tiempos en horas.

# IMBIBICION SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 1 Curvas del porcentaje de imbibición en semillas sin escarificar contra tiempo a 3 temperaturas diferentes

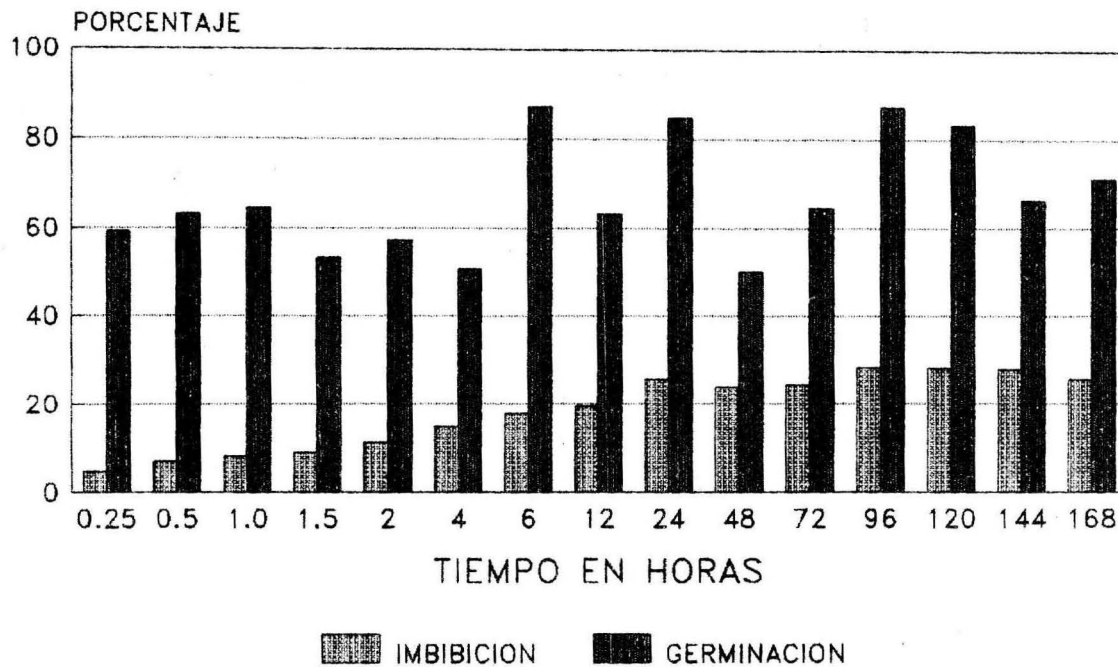
# GERMINACION/IMBIBICION A 35°C SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 2 Porcentaje de germinación e imbibición a 35°C en semillas sin escarificar contra tiempo en horas

# GERMINACION/IMBIBICION 30° C

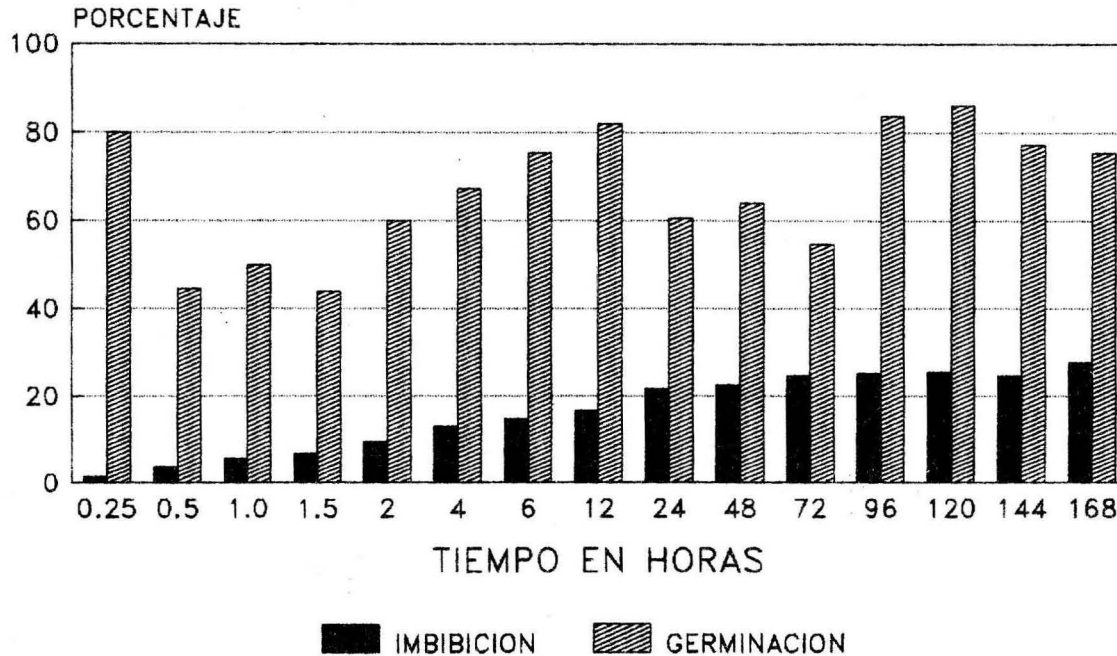
## SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 11. Porcentaje de Imbibición y germinación en semillas sin escarificar

# GERMINACION/IMBIBICION 25° C

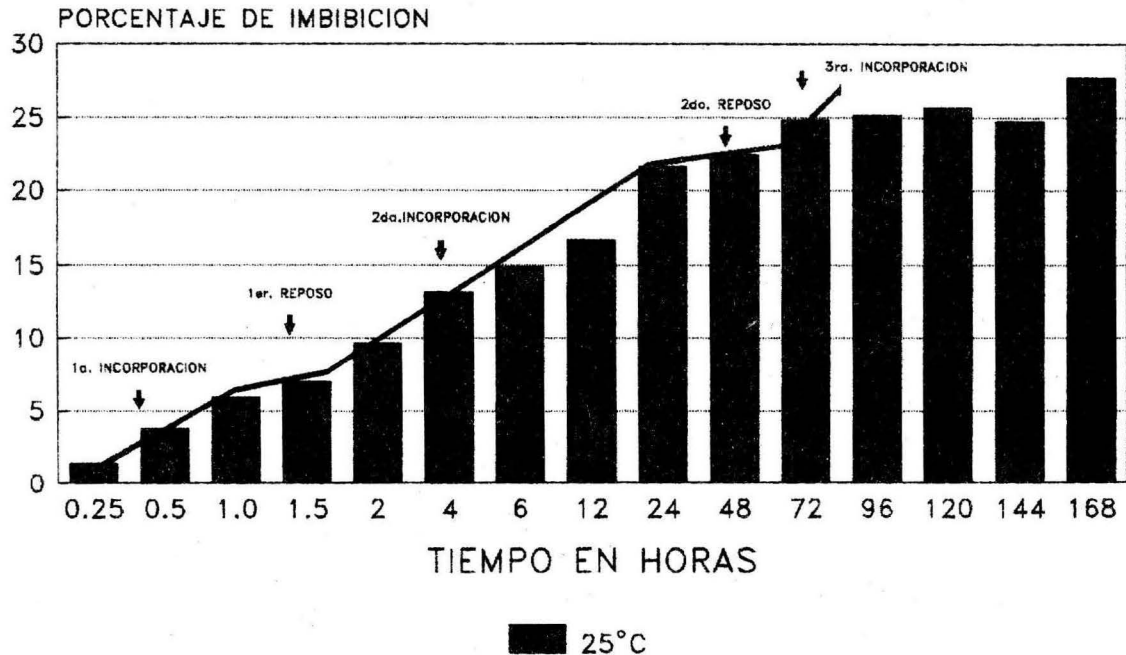
## SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GAFICA 10 Porcentaje de germinación e imbibición a 25 C en semillas sin escarificar.

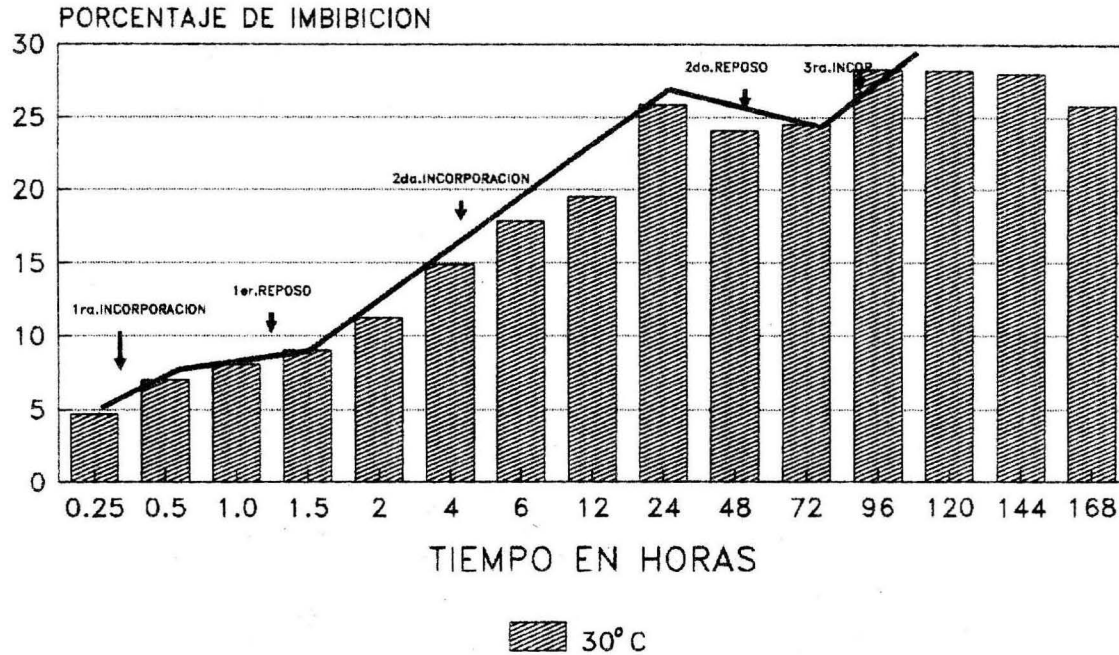


# IMBIBICION A 25° C SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



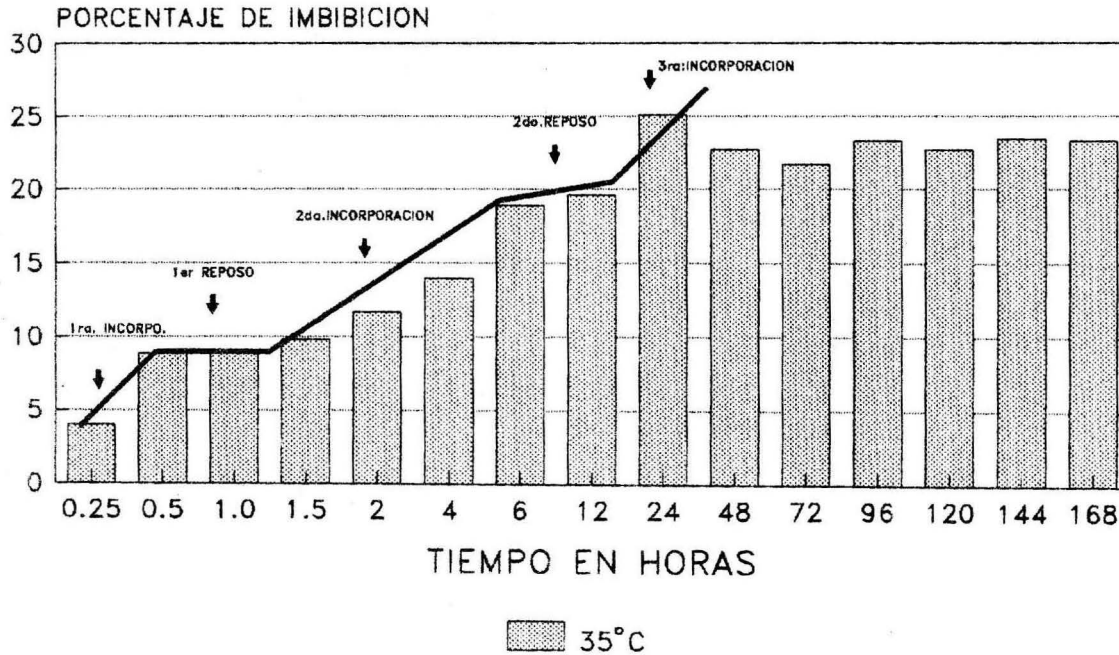
GRAFICA 3 Porcentaje de imbibición a 25°C en semillas sin escarificar y caracterización de las fases de imbibición y reposo.

# IMBIBICION A 30° C SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 4. Porcentaje de imbibición a 30°C en semillas sin escarificar y caracterización de las fases de absorción y reposo.

# IMBIBICION A 35° C SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 5 Porcentaje de imbibición a 35°C en semillas sin escaificar y caracterización de las fases de reposo e incorporación de agua.

sistemas enzimáticos responsables del catabolismo celular que dan lugar a un aumento en la concentración interna de solutos, provocando una disminución en el potencial hídrico de la semilla dando como resultado otra nueva incorporación de agua, que comprende a la llamada segunda fase de incorporación de agua durante la imbibición Jann y Amen, (1977) y Wilkins, (1985).

Al continuar incorporándose el agua se alcanza nuevamente un equilibrio de potenciales hídricos por lo que se interrumpe temporalmente la incorporación, presentándose la segunda fase de reposo.

El agua en el interior de la semilla sigue reactivando enzimas y RNAm preexistentes, pero también se presenta un incremento en la presión de imbibición (Cruz, 1983) que favorece la ruptura de la testa, la difusión rápida de oxígeno y un notable aumento en el metabolismo celular, que, aunado a la inducción de nuevas enzimas del tipo hidrolasas por acción en las giberelinas, nuevamente resulta en una disminución del potencial hídrico interno dando lugar a una tercera incorporación de agua, gráficas 3, 4 y 5 (Grajales, 1990 ; Jann, 1977; Cruz, 1983).

Martínez, (1983) y Grajales. (1990) mencionan que en la mayoría de las especies, sus semillas presentan el proceso de imbibición en 5 etapas siendo 3 de absorción y 2 estacionarias (cuadro 3 pag. 18) mismas que se observan en la especie en estudio. (GRAF. 3, 4 y 5)

En virtud del comportamiento encontrado en la semilla en estudio, ya que ésta es capaz de realizar la segunda incorporación de agua que se manifiesta por el aumento en el peso fresco a razón del tiempo ( Wilkins, 1985) se trata de una semilla viable y E.

*platyacanthus* no presenta una impermeabilidad en la testa al agua.

Por otro lado se observa en las gráficas 6 y 7 la respuesta germinativa de la semilla de la especie en estudio al tratamiento pregerminativo de escarificación (TABLA 1 y 2). El análisis estadístico efectuado y que se presenta en la tabla 6 (apéndice) con respecto al porcentaje de germinación, revela que no existe diferencia significativa. Puesto que se sabe que la latencia mecánica es impuesta por la dureza de la testa la cual es conferida por sustancias de naturaleza lípida depositadas en la pared celular de las células de la testa (Mayer y Poljakoff, 1982; Villers, 1979 y Cohn, 1989), en la semilla de esta especie no parece ser el caso comprobándose por los altos porcentajes de germinación obtenidos en este tratamiento. Por otro lado se puede agregar que en cuanto a la imbibición (Gráfica 9), esta sí se ve afectada por el tratamiento, acelerando la imbibición e incrementando los porcentajes de absorción en las primeras 24 horas siendo estable hasta las 168 horas mostrando para estos tiempos una similitud con el testigo sin escarificación pudiendo observar que influye en la velocidad de incorporación así como en el porcentaje de imbibición final obtenido. El análisis estadístico Tabla de ANDEVA 1 (apéndice) comprueba en forma evidente lo antes mencionado siendo significativo el tratamiento de escarificación.

En cuanto al tratamiento pregerminativo de irradiación con luz roja (TABLA 3) se observa en la gráfica 8 que estas semillas responden favorablemente al estímulo de luz conforme se incrementa el tiempo de exposición lo cual, es de esperarse en el caso de las semillas que presentan fotoblástismo positivo, ya que los niveles de

## PORCENTAJE DE GERMINACION EN SEMILLAS

### SEMILLAS SIN ESCARIFICAR

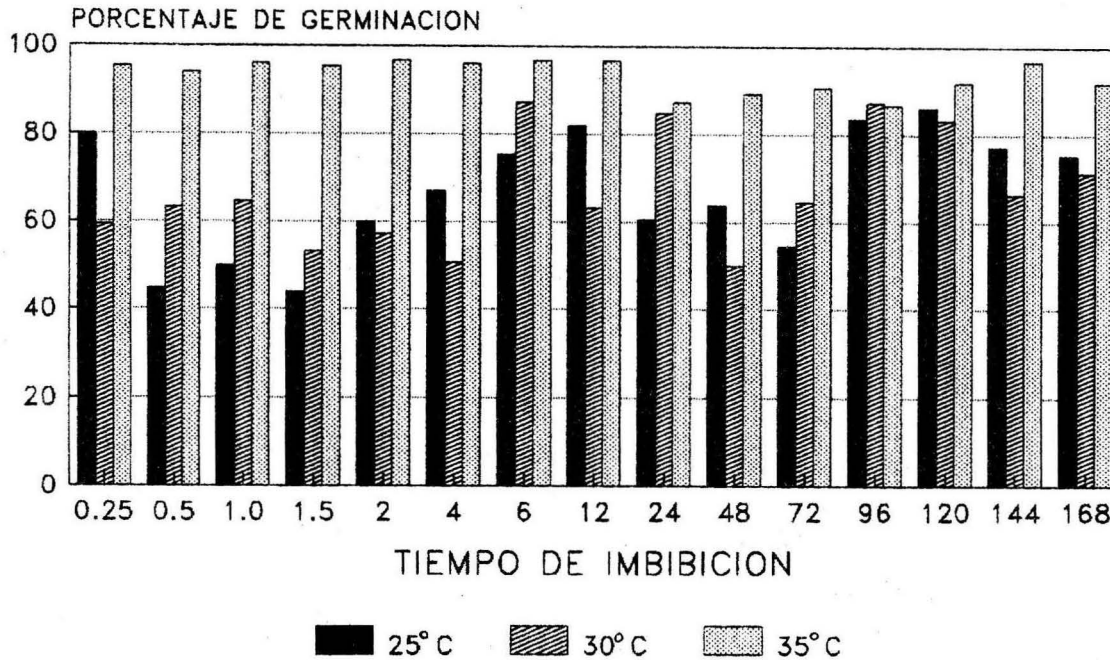
TIEMPO HORAS	TIEMPO HORAS														
	0.25	0.5	1.0	1.5	2	4	6	12	24	48	72	96	120	144	168
T °C															
25	80.00	44.67	50.00	44.00	60.00	67.33	75.33	82.00	60.80	64.00	54.67	83.67	86.00	77.33	75.34
30	59.33	63.33	64.67	53.33	57.33	50.67	67.33	63.33	84.00	50.00	64.67	87.33	83.33	66.00	71.33
35	95.33	94.00	96.00	95.33	96.67	96.00	96.67	96.67	87.33	89.33	90.66	86.67	92.00	96.67	92.00

### SEMILLAS ESCARIFICADAS

TIEMPO HORAS	TIEMPO HORAS														
	0.25	0.5	1.0	1.5	2	4	6	12	24	48	72	96	120	144	168
T °C															
25	60.58	61.28	62.39	64.00	65.00	69.30	67.60	70.00	74.78	74.00	74.00	74.50	73.65	73.47	74.80
30	57.68	58.59	62.38	59.50	63.34	65.58	69.37	70.62	71.69	72.90	72.99	72.39	73.75	74.33	73.00
35	95.95	95.36	94.72	93.36	93.26	91.32	91.74	90.39	90.84	90.91	91.25	91.14	91.46	91.69	91.54

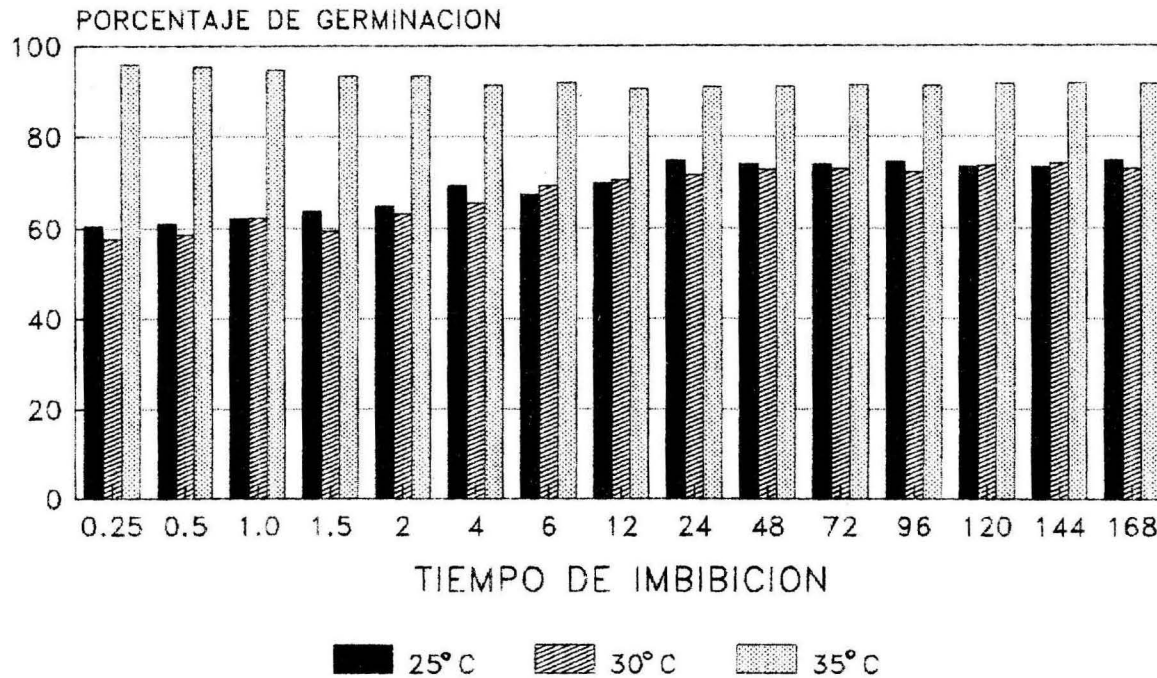
TABLA 2. Resultados del porcentaje de germinación en semillas a condiciones de laboratorio con imbibición a diferentes tiempos a tres temperaturas, en condiciones sin y con escarificación

# GERMINACION SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 6. Barras del porcentaje de germinación en semillas sin escarificar para las tres temperaturas

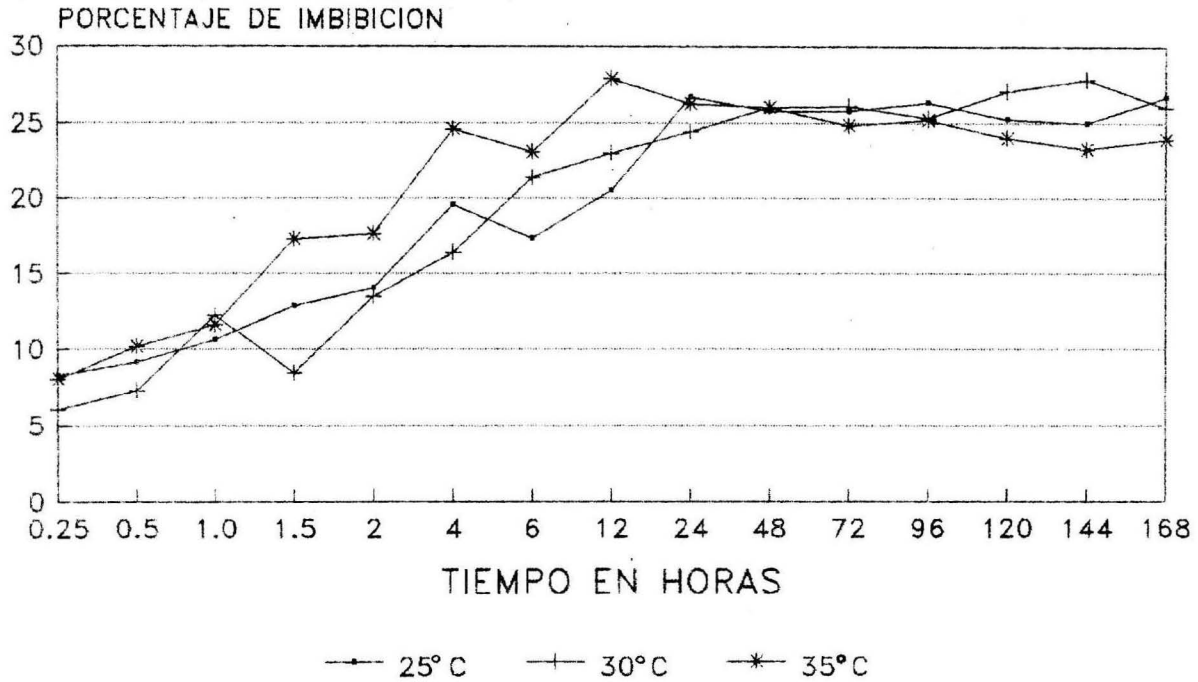
# GERMINACION SEMILLAS ESCARIFICADAS



GRAFICA 7 Representación gráfica de los porcentajes de germinación en semillas escarificadas para las tres temperaturas.



# IMBIBICION SEMILLAS ESCARIFICADAS



GRAFICA 9 Porcentaje de imbibición en semillas escarificadas contra tiempo en horas

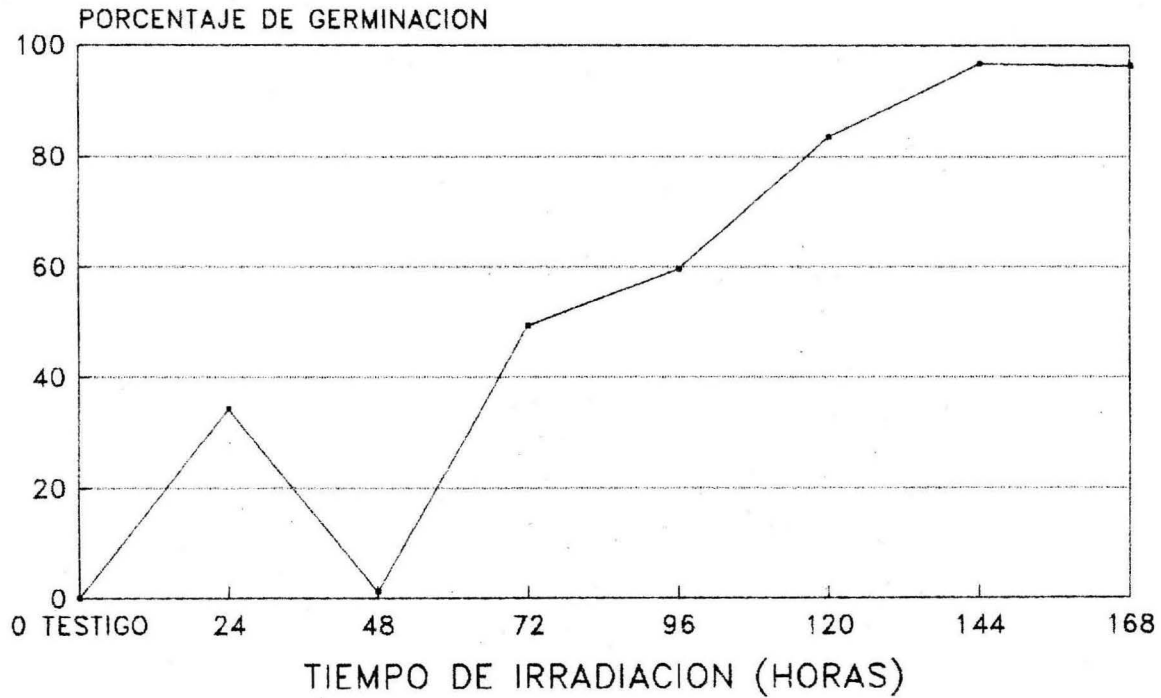
**PORCENTAJE DE GERMINACION EN SEMILLAS IRRADIADAS  
CON LUZ ROJA**

TIEMPO DE IRRADIACION HORAS	PORCENTAJE DE GERMINACION
TESTIGO	0
24	34.4
48	1.2
72	49.2
96	59.6
120	83.6
144	96.8
168	96.4

COEFICIENTE DE CORRELACION    73.74 %

**TABLA 3. Resultados del porcentaje de germinación en semillas irradiadas con luz roja, previa imbibición 3 horas en agua destilada a 30°C e incubación a 30°C ambas en obscuridad.**

# GERMINACION SEMILLAS IRRADIADAS CON LUZ ROJA



GRAFICA 8. Curva del porcentaje de germinación en semillas irradiadas con luz roja previa imbibición 3 horas.

su Pfr (rojo lejano) no son los suficientes para desencadenar los eventos de la germinación. Al ser irradiadas con luz roja, hay una fotoconversión de Pr (rojo) -----a----- Pfr (rojo lejano) hasta alcanzar el fotoequilibrio de estas dos conformaciones. (Kendrick, 1977 y Moore, 1989)

El análisis estadístico confirma que la respuesta de la semilla en estudio bajo esta condición es debida al tratamiento aplicado ya que el coeficiente de correlación fue de 73.74 % indicando que existe una dependencia entre las variables, por lo que quiere decir que la semilla de esta especie presenta un fotoblástismo positivo. (GRAF 14 Apéndice)

Cabe mencionar, que López y Patricia, (1989) encontraron que para *S. griseus* (pitaya) una respuesta similar indicando también un fotoblástismo positivo denominándolo fotolatencia.

Grozco Segovia (1989) menciona que como consecuencia de muchos trabajos relacionados con la respuesta germinativa de las semillas a la irradiación se ha llegado a la conclusión de que el fotoblástismo ó fotolatencia (sensibilidad a la luz regulada por el fitocromo) es una característica frecuente, en las semillas heliófilas pudiendo decirse que la función fundamental del Pr en estas semillas consiste en imponer la latencia cuando las condiciones lumínicas son desfavorables para el establecimiento de las plantas, tanto por el efecto de la existencia de un dosel que reduce la relación de Pr (rojo)/ Pfr (rojo lejano), como por efecto del suelo, cuando la semilla se encuentra enterrada.

Finalmente, se efectuó un bioensayo para ácido absicico (ABA), encontrando que para la semilla en estudio la respuesta fue negativa,

esto es posible afirmarlo ya que la respuesta germinativa de la semilla de rabanito (Cherry belle), no fue afectada por el agua de imbibición de la semilla de *E. platyacanthus* en donde existía la posibilidad de encontrar el ácido absicico (más común), (TABLA 4).

GERMINACION EN SEMILLAS DE RABANITO	
LOTES	% DE GERMINACION
<b>3 x tratamiento siendo un total de 135 lotes</b>	100

TABLA 4. Resultados del porcentaje de germinación en semillas de rabanito incubadas en obscuridad. a 25°C en la prueba del bioensayo 24 horas después de sembradas

## CONCLUSIONES

1.- De acuerdo al análisis estadístico de ANDEVA 1 (Apéndice) se concluye que tanto el tiempo como la temperatura son factores determinantes del porcentaje de absorción final alcanzado por la semilla de *Echinocactus platyacanthus*.

2.- El valor crítico de agua por la semilla de esta especie es de 3.98 % alcanzado en los primeros 15 minutos de imbibición a 35 grados C.

3.- La temperatura óptima de imbibición es de 35 grados C., para todos los tiempos obteniéndose porcentajes de germinación por encima del 80 % ,en comparación con las temperaturas de 25 y 30 grados ,aunque estas no parecen ser desfavorables debido a que los porcentajes obtenidos son mayores de 50 % en casi la mayoría de los tiempos utilizados.

4.- Debido a que la semilla presenta un cambio en el peso fresco con respecto al tiempo no manifiesta una impermeabilidad en la testa por lo que se concluye que la semilla de *E. platyacanthus* no presenta Latencia Física.

5.- La semilla de *Echinocactus platyacanthus* no presenta una Latencia Mecánica ya que para todos los tratamientos la respuesta germinativa fue favorablemente superior al 50 %. El análisis estadístico de ANDEVA corrobora que el tratamiento de escarificación no es un factor que afecte de manera importante la germinación de esta especie, pero se reitera en esta prueba que la temperatura y el tiempo son factores que trascienden de manera importante en la respuesta de germinación de la semilla.

6.- Para el tratamiento de irradiación se llegó a la conclusión de que la semilla de *E. platyacanthus* presenta un fotoblástismo positivo lo que indica que se trata de una especie fotolátente. El análisis estadístico reafirma que la respuesta de germinación se debe efectivamente al tratamiento aplicado mostrando un índice de correlación del 73.74 %.

7.-En el tratamiento final efectuado se concluye que la semilla no presenta una latencia química, es decir no presenta inhibidor ABA soluble en su testa.



## APENDICE

TABLA DE ANDEVA 1

## IMBIBICION

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABLAS	
					0.05	0.01
FV	GL	SC	CM	FC	05	01
TRATAMIENTOS	89	23145.09	260.05	75.16 **	1.32	1.47
A	1	17.74	17.74	5.20 *	3.64	6.63
B	2	192.58	91.29	26.74 **	3.00	4.61
C	14	21663.09	1574.36	453.17 **	1.75	2.18
A X B	2	151.08	75.54	22.12 **	3.00	4.61
A X C	14	159.01	11.35	3.33 **	1.75	2.18
B X C	28	463.12	16.54	4.84 **	1.53	1.79
A X B X C	28	506.36	18.15	5.32 **	1.53	1.79
ERROR	360	1225.22	3.41			
TOTAL	449	24374.23				

NS = NO SIGNIFICATIVO  
 \* SIGNIFICATIVO  
 \*\* MUY SIGNIFICATIVO

TABLA 5. Resultados del análisis de varianza para la prueba del porcentaje de imbibición. A; sin y con escarificación. B; temperaturas y C; tiempos.

TABLA DE ANDEVA 2

## GERMINACION

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABLAS	
					0.05	0.01
FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
TRATAMIENTOS	89	94043.91	1055.67	4.34 **	1.32	1.47
A	1	48.24	48.24	0.20 NS	3.64	6.53
B	2	52497.16	31248.58	128.29 **	3.00	4.61
C	14	9298.73	664.19	2.73 **	1.75	2.18
A X B	2	233.38	116.69	0.48 NS	3.00	4.61
A X C	14	4335.14	309.65	1.27 NS	1.75	2.18
B X C	28	11536.10	412.00	1.69 *	1.53	1.79
A X B X C	28	6095.14	217.68	0.89 NS	1.53	1.79
ERROR	360	87589.85	243.58			
TOTAL	449	161733.77				

NS= NO SIGNIFICATIVO  
\* SIGNIFICATIVO  
\*\* MUY SIGNIFICATIVO

TABLA 6. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación. A; sin y con escarificación. B; temperaturas y C; tiempos.

DIFERENCIA MINIMA DE TUKEY  
IMBIBICION

GRUPO TUKEY	MEDIA	MDS	*
SIN ESCARIFICAR	19.970	0.34261	A
CON ESCARIFICACION	19.573		B
TEMPERATURA 35 gC	20.406	0.50216	A
TEMPERATURA 30 gC	20.007		A
TEMPERATURA 25 gC	18.901		B
TIEMPO 48	26.264	1.6294	A
96	26.175		A
120	26.166		A
168	25.670		A
144	25.584		A
24	25.522		A
72	25.132		A
12	22.683		B
6	20.916		C
4	18.888		D
2	14.862		E
1.5	12.938		F
1	11.120		G
0.5	8.226	H	
0.25	6.424	I	

\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES  
MDS= MINIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

TAELA 7. Prueba de la diferencia mínima de TUKEY para el porcentaje de imbibición.

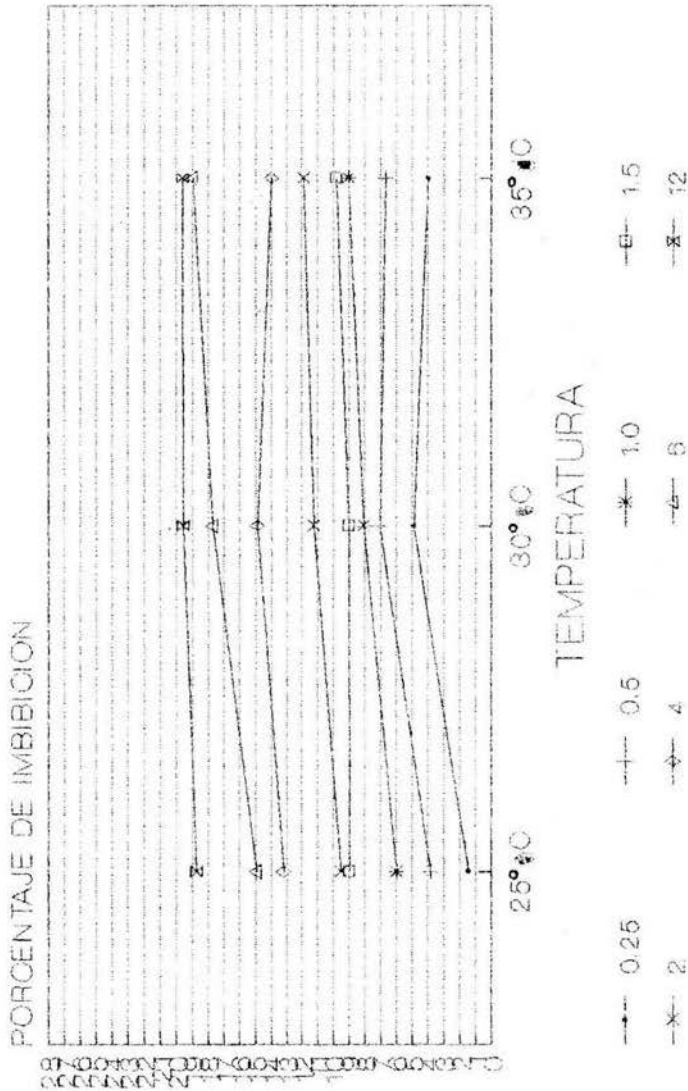
DIFERENCIA MINIMA DE TUKEY  
GERMINACION

GRUPO TUKEY	MEDIA	MDS	*
SIN ESCARIFICAR	76.505	2.8937	A
CON ESCARIFICACION	75.851		A
TEMPERATURA 35 gC	92.842	4.2414	A
TEMPERATURA 30 gC	68.110		B
TEMPERATURA 25 gC	67.583		B
TIEMPO		13.762	
120	83.327		A
96	82.672		A
6	81.341		A
144	79.874		B
168	79.584		B
12	78.835		B
24	78.208		B
0.25	74.813		B
72	74.706		B
48	73.524		B
4	73.367		B
2	72.600		B
1	71.693		B
0.5	69.539		B
1.5	68.587	B	

\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES  
MDS= MINIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

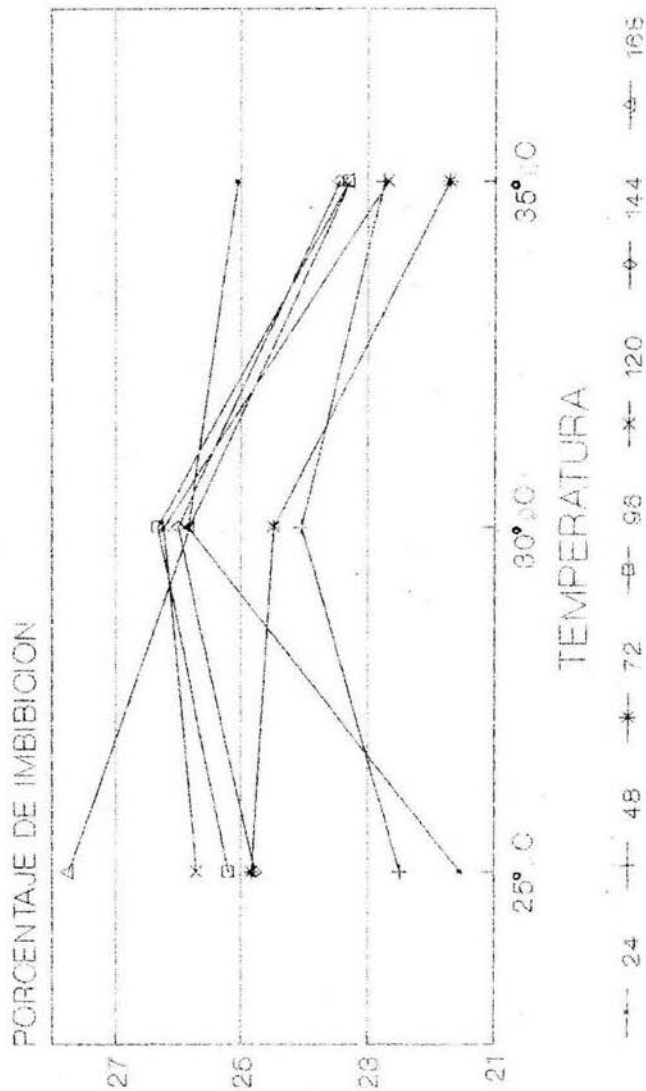
TABLA 8. Prueba de la diferencia mínima de TUKEY para el porcentaje de germinación.

# IMBIBICION / TEMPERATURA SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



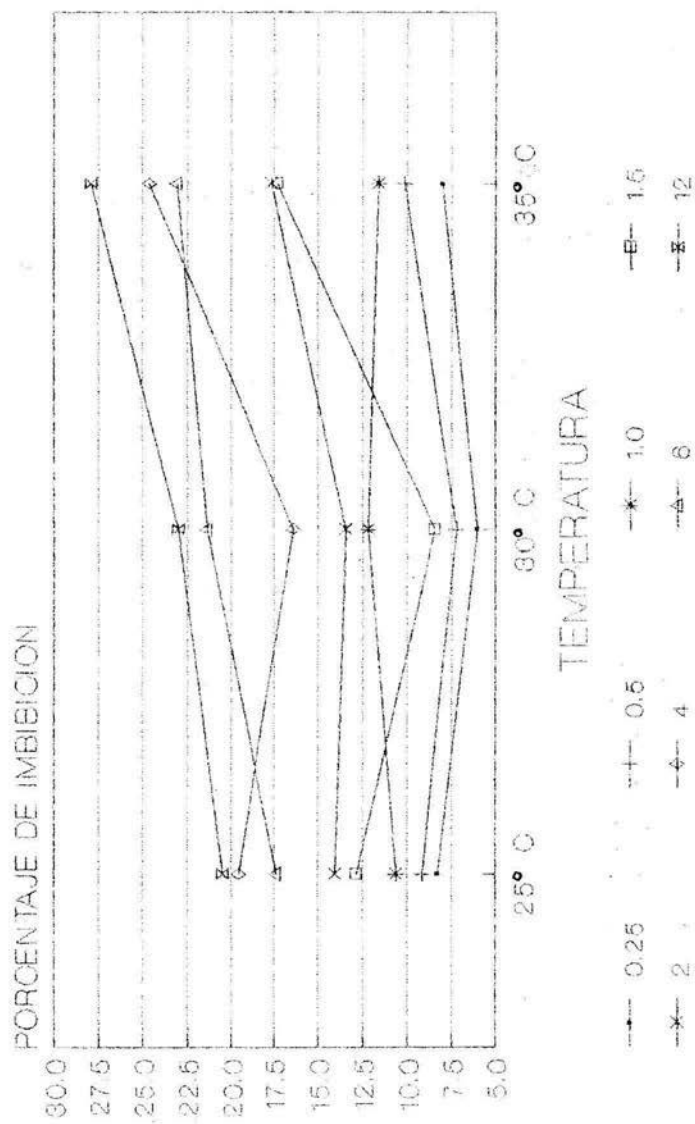
GRAFICA 12 A. Representación gráfica de la significancia de los tiempos de imbibición en semillas sin escarificar para los primeros 8 tiempos.

# IMBIBICION / TEMPERATURA SEMILLAS SIN ESCARIFICAR



GRAFICA 12 B Representación grafica de la significancia de los tiempos de imbibición en semillas sin escarificar para los tiempos mayores de 24 horas

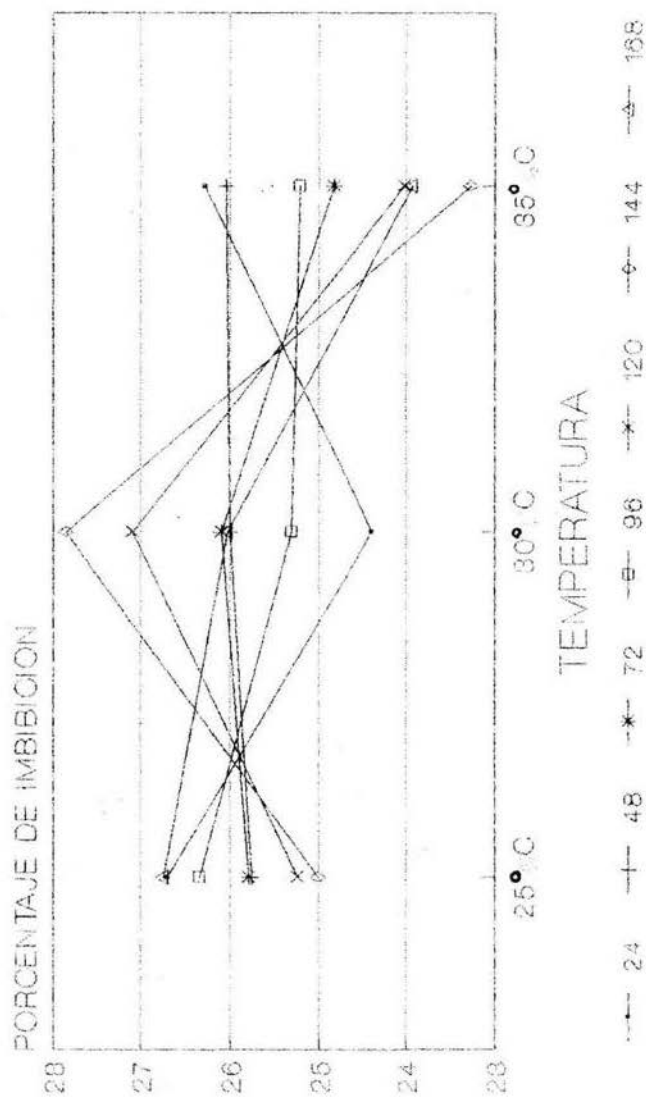
# IMBIBICION / TEMPERATURA SEMILLAS ESCARIFICADAS



GRAFICA 13 A Muestra los porcentajes de imbibición para semillas escarificadas con respecto a lo significativo del tiempo de imbibición para los 6 primeros tiempos.

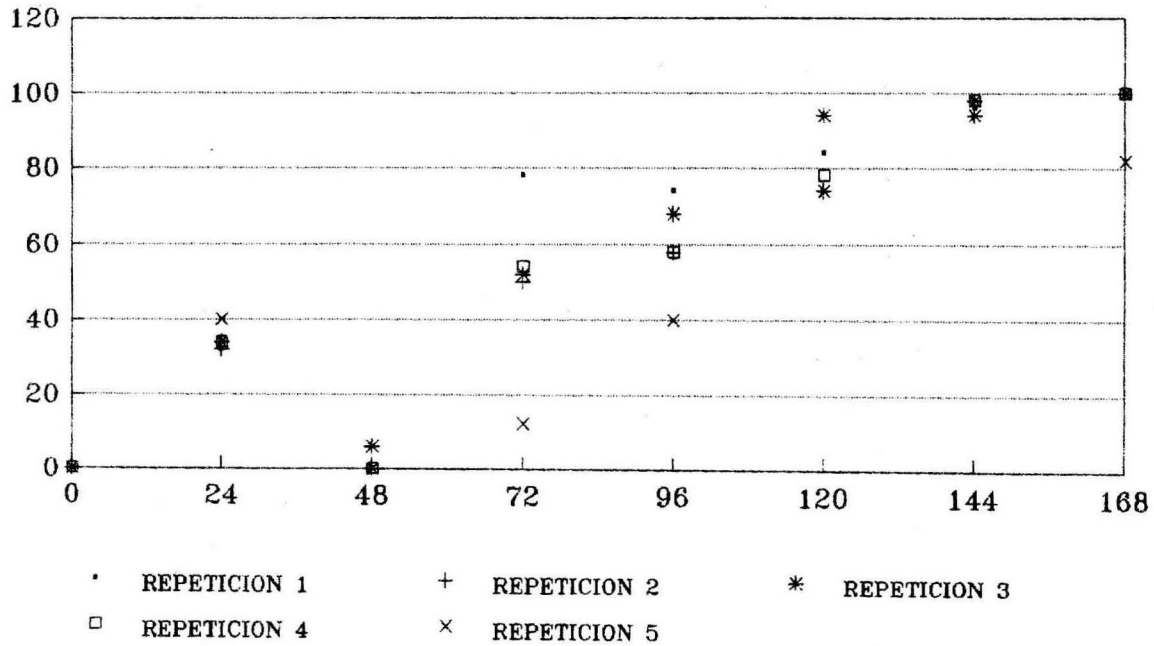


# IMBIBICION / TEMPERATURA SEMILLAS ESCARIFICADAS



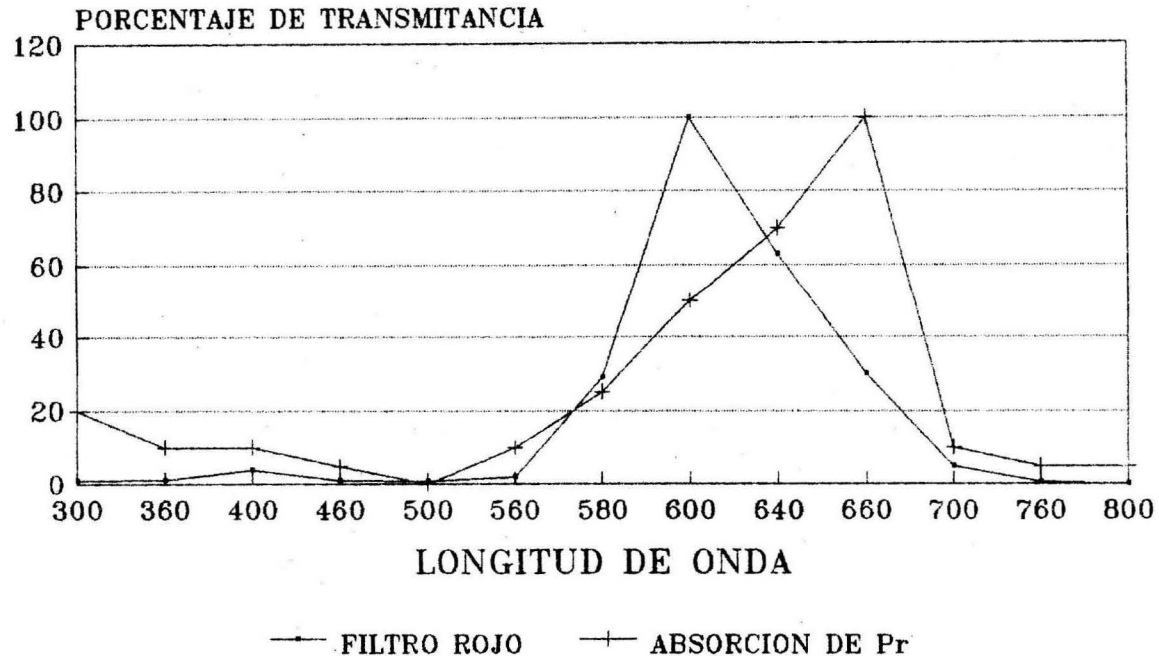
GRAFICA 13 B Muestra los porcentajes de imbibición para semillas escarificadas con respecto a la significancia del tiempo de imbibición para los tiempos mayores de 24 horas.

# GERMINACION SEMILLAS IRRADIADAS



GRAFICA 14. Porcentajes de germinacion de las 5 repeticiones en los tiempos de irradiacion para la prueba de irradiacion.

# ESPECTRO DE ABSORCION DEL FILTRO



GRAFICA 18. Gráfica comparativa del espectro de absorción del fitocromo y el papel utilizado como filtro rojo en las pruebas de irradiación (Talx, 1991)

## RESUMEN DEL CICLO DE KREBS

1.- EL SUSTRATO INICIAL ES LA ACETIL COENZIMA A

2.- LOS PRODUCTOS FORMADOS SON EL CO<sub>2</sub>, NADH, FADH Y GTP

3.- SITIO DONDE OCURRE - MATRIZ MITOCONDRIAL

4.- EVENTOS IMPORTANTES - Reacciones de descarboxilación que darán lugar a la formación de CO<sub>2</sub>

Reacciones de oxidación, que darán lugar a la formación de coenzimas reducidas, NADH y FADH, así como,

Fosforilación a nivel de sustrato, que producirá GTP que se transformará en ATP.

5.- LOS SITIOS DE CONTROL SON: Reacción catalizada por la citrato sintasa. Y la que es acelerada por la isocitrato

deshidrogenasa (quizás también a nivel de la succinato deshidrogenasa).

6.- LA FINALIDAD DE LA VIA SE MANIFIESTA EN 3 FUNCIONES

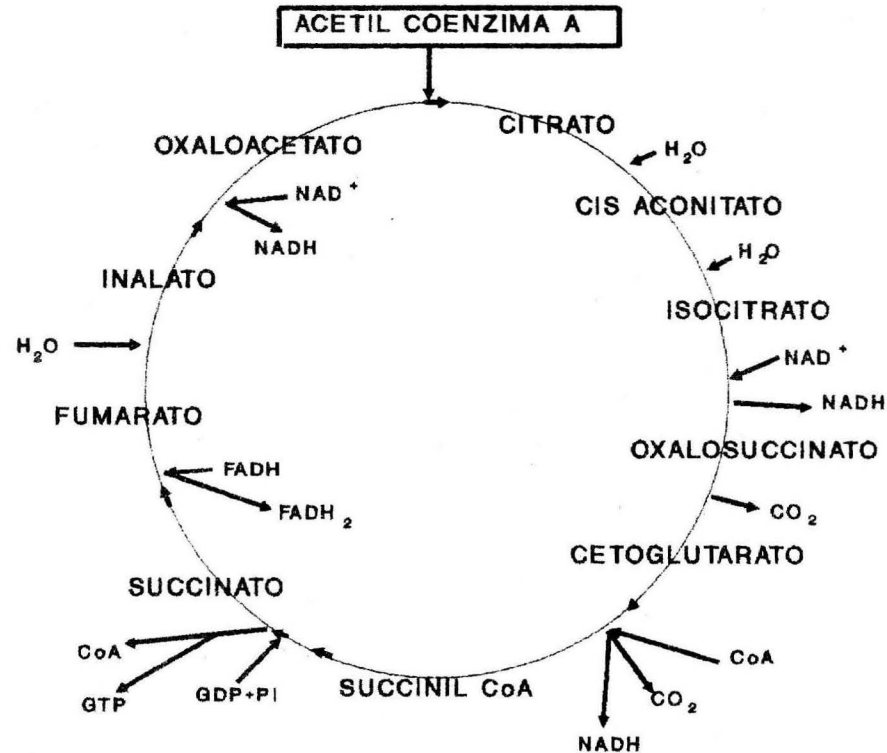
a) Generar coenzimas reducidas NADH y FADH, las que alimentan la cadena respiratoria para permitir un flujo de electrones hasta el O<sub>2</sub> y consecuentemente dirigir la fosforilación oxidativa.

b) Producir intermediarios metabólicos que servirán como precursores para la biosíntesis de muchos componentes celulares.

c) Producir GTP por la fosforilación a nivel de sustrato.

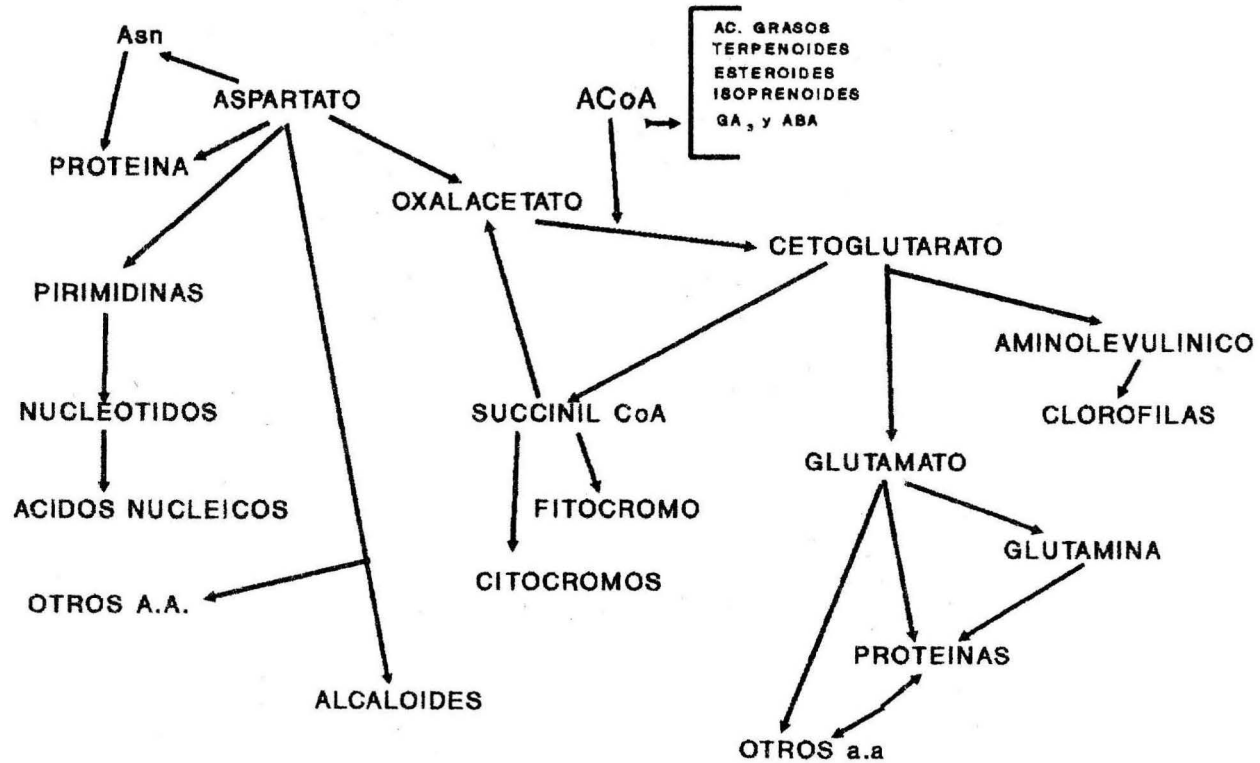
7.- El rendimiento energético son 12 moléculas de ATP por cada molécula de acetil coenzima A.

# CICLO DE KREBS



CUADRO 9. REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CICLO DE KREBS (TAIZ y ZEIGER, 1990)

## INTERMEDIARIOS METABOLICOS DEL CICLO DE KREBS USADOS PARA EL ANABOLISMO



CUADRO 10. ESQUEMA DE LOS INTERMEDIARIOS UTILIZADOS EN EL ANABOLISMO (TAIZ y ZEIGER, 1990)

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- BAENA, P.G. (1984) Instrumentos de investigación manual para elaborar trabajos de tesis profesionales. 12a edición, México. Editores Mexicanos Unidos S.A.
- 2.- BARTHELEMY, R.E. (1977) Técnicas para el Laboratorio de Biología. México:CECSA.
- 3.- BERNARD, CH. M., (1967) Germinations et plantules de Quelques Cactaceés. Adasonia, Sér. 2,6 (4): 593-641
- 4.- BRADBEER, J.W., (1988) Seed dormancy and germination. King's College, Glasgow, U.K; Blackie and Son Ltd.  
(1992) Seed dormancy and germination. King's College London, Blackie Academic & Professional. pp. 1- 37
- 5.- BRAVO-HOLLIS, H. (1978) Las cactáceas de México. UNAM, México. pp 59  
(1991) Las cactáceas de México. UNAM. 2DA México.
- 6.- CHOPRA, H.R.; Jawanda, J.S.; Sandhu, A.S: (1987) Effect of stratification and seed coat on the seed germination of subtropical peach c.v. Sharbati. Punjab-Horticultural-Journal, 27:2-2 42-47.
- 7.- COHN. M.A., Karen L.J. Lia. A. etc. (1989) Seed dormancy in red Rice. Plant Physiol (89) 879-882
- 8.- COPELAND, L.O. (1976) Principles of seed. Science and Technology. pp. 55-75

- 9.- CRESSWELL, E.G. and Grime J.P. (1981) Induction of a light requirement during seed development and its ecological consequences. *Nature* 291: 583-585
- 10.- CRUZ, NX. (1984) Aspectos de acción del sistema fitocromo en germinación. Tesis Profesional. FES Cuautitlán pp 18. 31-35
- 11.- DAVIES, Peter J. (1990) Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development. Kluwer Academic Publishers.
- 12.- DEHGAN, B; Schutzman, B. (1989) Embryo development and germination of Cycas seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 14:1, 125-129
- 13.- DENNIS, D.T. and Turpin, (1990). *Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology.* Longman Scientific & Technical. pp. 456
- 14.- FEARN, B. (1981) Seed germination: The modern approach the cactus and succulent. *Journal of Great Britain.* 43(1):13-16
- 15.- GALSTON, Arthur W. (1968) The green plant. *Fundation of Biology program.* par/3 pp.73-74
- 16.- GALSTON, A. Y Peter J.D. (1970) *Control mechanisms in plant development.* Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs New Jersey.



- 17.- GEMMICH, Armin R. (1983) Effect of red light and gibberellic acid on lipid metabolism in germinating spores of the Fern *Anemia phyllitidis*. *Physiol Plant* 54:58-62
- 18.- GOMEZ-POMPA, A. y S. (1971) Problemas de investigación en Botánica LIMUSA Wiley Depto. de Botánica del Instituto de Biología de la UNAM. pp.193-195
- 19.- GRAJALES, M.O. (1990) Apuntes de Fisiología Vegetal FES Cuautitlán.
- 20.- JANN, R.L. and R.D. Amen. (1977) ¿What is germination? En: Khan the Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. Elsevier/North Holland Biomedical Press.
- 21.- KHAN, A.A. (1980) The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. 2da edición Netherlands. North-Holland Publishing Company.
- 22.- KENDRICK, R.E. and Barry F. (1977) Phytochrome and plant growth. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 68 Cambrid.
- 23.- KWACK, B.H. and K. Zimmer. (1978) Germination of aged seed of *Maihuenia poeppigii*, *Gartenbauwissenschaft*. 43 (4) 5 - 188-191
- 24.- LEHNINGER, (1975). *Biochemistry* 2da ED. worth Publishers Inc. pp. 258
- 25.- LEWAK, S. and Khan A.A. (1977) Mode of Action gibberellic acid and light on Lettuce seed germination. *Plant Physiol* 60, 575-577

- 26.- LOPEZ, G.R. y Patricia, S.R. (1989) Germinación en dos variedades de Pitaya; *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Órgano de la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. tomo XXXIV No. 2 pp. 34-40
- 27.- MANCINELLI, A.L. (1988) Phytochrome photoconversion in vivo. *Plant Physiol.* 86: 749-753
- 28.- MARTINEZ, H.E. 1983 Determinación de algunos parámetros ambientales que influyen en la latencia en semillas de *S. griseus* (Haw) Buxb. (Pitayo de mayo) Tesis Profesional. ENEP Iztacala UNAM, México.
- 29.- MAYER, A.M. y Poljakoff-Mayber. (1982) The germination of Seeds. 3ra edición. Oxford, Pergamon press. pp. 90, 110-191
- 30.- MOORE, Thomas C. (1981) Role of Phytochrome in Germination of light-sensitive lettuce seeds. Research experiences in Plant Physiology. Exercise 10 107-116
- 31.- MOORE, T.C. (1989) Biochemistry and Physiology of plant hormones. Spring-Verlag, New York Heidelberg Berlin. segunda edición.
- 32.- NAKAZAWA, M., Y. Yoshida and K.M. (1991) Differences between the surface properties of Pr and Pfr forms of Native Pea Phytochrome, and their application to a simplified procedure for Purification of the phytochrome. *Plant Cell Physiol* 32(8):1187-1194

- 33.- **NASIR, F.R. ; Mohamed, A.R.S.** (1987) The efect of stratification and gibberellic acid on peach seed germination and seedling growth. Iraqui-Journal Agricultural Sciences-ZANCO 5:4, 55-63 (in Arabic section).
- 34.- **OROZCO-Segovia, A.** (1989) Fisiología y ecología del fitocromo, su función en las semillas. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 49-Diciembre-1989.
- 35.- **PRATT, L.H.** (1982) Phytochrome: The protein moiety. Ann. Rev. Plant Physiol 33:557-582
- 36.- **PROBERT, R.J. and Smith R.D.** (1986) The joint action of phytochrome and alternant in temperatures in the control of seed germination in *Dactylis glomerata* Physiol Plant. 67:299-304
- 37.- **ROJAS, G.M. Homero R.** (1987) Control Hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología-Tecnología-Experimentación Noriega editoes. México.
- 38.- **SALISBURY, Frank B. y Cleon W.R.,** (1978). Plant Physiology. 2da ED. Wadsworth Publishing Company, Inc. pp. 202, 254
- 39.- **SANCHEZ, M.E. y Galindo, S.G.** (1989) El Cactario regional del ITESM-Campos. Querétaro Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Órgano de la Sociedad Mexicana de Cactología A.C. tomo IV octubre-diciembre No.4 pp 92-95

- 40.- **SANCHEZ, M. E.** (1978) Manual de campo de las Cactáceas y Suculentas de la Barranca de Metztitlán. Sociedad Mexicana de Cactología. Publicación especial 2 Mexico D.F.
- 41.- **SANCHEZ, M.H.** (1982) Comisión Botánica exploradora del estado de México. Secretaría de desarrollo agropecuario. Dirección de recursos naturales. Toluca, México.
- 42.- **Secretaría de Turismo.** Dirección general de Promoción Nacional . pp. 20-21
- 43.- **STEFANIS, J.P. and Robert W. Langhans** (1980) Factors influencing the culture and propagation of Xerophytic Succulent species. Hort Science 15(4) 504-505
- 44.- **TAIZ, L. y Eduardo Z.,** (1991). Plant Physiology. Benjamin/Cumming. Publishing Company, Inc.
- 45.- **TRUJILLO, A.S.** (1982) Estudio de algunos aspectos ecológicos de Echinocactus platyacanthus Lk. & G. en el estado de San Luis Potosí. Tesis Profesional. ENEP Iztacala UNAM, México pp 4-8, 108-111
- 46.- **TAKIMOTO, A. and H. Saji.** (1984) A role of phytochrome in photoperiodic induction. Two-phytochrome-pool-theory. *Physiol Plant.* 61: 675-682
- 47.- **VILLERS, Trevor A.** (1979) Reposo y Supervivencia de las Plantas. Omega, S.A. Casanova, 220, Barcelona 36

- 48.- WILKINS, Malcolm. (1985). Plant Physiology. Pitman publishing Limited.
- 49.- WOODSTOCK, L.W. 1988 Seed imbibition: a critical period for successful germination. Journal-of-seed technology 12:1, 1-15
- 50.- ZIMMER, K. (1977). Zur Bedeutung des Lichts für die Keimung von Kakteensamen. Deutscher Gartenbau 19 pp. 780-782