



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA**

**ROMPIMIENTO DE LA LATENCIA DE SEMILLAS
DE Eichhornia crassipes (Mart.) Solms**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ISABEL ALBA HURTADO



MEXICO, D. F.

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.

ROMPIMIENTO DE LA LATENCIA DE SEMILLAS DE
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Los Reyes Iztacala, a 30 de marzo de 1993

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: Alba Hurtado Isabel

titulado: "Rompimiento de la latencia en semillas de Eichhornia
crassipes (Mart.) Solms."

para obtener el grado de Licenciatura, después de haber sido -
cuidadosamente revisado y realizadas las correcciones que se --
consideraron pertinentes, declaramos nuestra aprobación del tra-
bajo 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

BIOL. MANUEL MANDUJANO PIÑA

BIOL. ERIC GUTIERREZ LOPEZ

M.en C. ERNESTO AGUIRRE LEON

BIOL. ALBERTO ARRIAGA FRIAS

(Nombre completo)



"(Firma)"

AGRADECIMIENTOS

Al c. M. en C. Eric Gutiérrez López por la dirección y apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

A la Biól. Martha Niño S. por su apoyo incondicional.

Al Dr. Ernesto Aguirre; al Biól. Manuel Mandujano; al Biól. Alberto Arriaga y a la Biól. Antonieta, por sus acertados consejos y paciencia en la revisión de este trabajo.

Un especial agradecimiento al Ing. Camacho Morfin; Dr. Diodoro Granados; c. M. en C. Ruben Huerto; Biól. Ernesto Uribe; Biól. Josefina Solis Cruz y al Biól. Jaime Juárez García por su apoyo incondicional.

A la familia Rodríguez por su apoyo y amistad.

Y a todas las personas que de alguna manera intervinieron en la conformación de esta tesis.

DEDICATORIA

Con cariño y respeto a Guillermo Alva Dama y Juana Hurtado Hernández que con su amor, ejemplo, comprensión, paciencia y apoyo hacen que mi vida sea muy bonita. Por el gran amor que medas mamita. Por los consejos y enseñanzas Papá gracias. Los amo.

A mis hermanos Virginia, Ernesto, Toño, Manuel, Felicitas por todo su amor y apoyo que me brindan día a día.

A Leonardo López Nava por tú amor y alegría que compartes conmigo.

Con respeto y admiración a M^a de los Remedios Nava B. y Leonardo López C. por el amor y confianza que me brindan.

A Luly, Gaby, Abel, Alfonso, Cindy, Selene, Lidia por ser tan lindos conmigo.

A todos mis primos y familiares, especialmente a Guillermo Hurtado Hernández por tu alegría y cariño.

A mis amigos, Araceli, Lupe, Lety, Clara, Alejandro, Victor, Omar, Sergio, Adalberto, Samuel, Jesús, Armando por su amistad y el recuerdo de agradables momentos.

A mis compañeros de Biología, durante el período de 1986 - 1989 de la ENEP Iztacala por su compañerismo.

A Armando López Guerrero.

A Zory, Ara, Aida, Carlos R., Carlos N., Rosy, Lidia, Marco Antonio, Erika, Jorge, Toño, Mario, Armando, Olivia, Memo, Ana, Javier, Irma, Lupita, Eva, Alfredo, Manuel, Jesús, Chucho por su amistad.

A Alfredo donde quiera que te encuentres, por tu amistad.

A Javier Ramírez Tapia por tu linda amistad y cariño.

A Josefina Solis Cruz por tu apoyo, amistad y los momentos agradables que compartimos.

A Jaime, Daniel, Ruben, Pily, Alicia, Jesús y Ernesto por su apoyo desinteresado y amistad sincera.

A Joel, Dulce, Laura, Luis Alberto, Judith, Magos, Tony, José, Lucy, Conchita por su amistad.

A Eric, Columba, Daniel, Erika con cariño y respeto por su apoyo.

Con cariño y respeto a todos y cada uno de mis amigos que forman parte de mi, en donde quiera que se encuentren.

INDICE

RESUMEN	v
1 INTRODUCCION	1
2 ANTECEDENTES	4
2.1 Descripción morfológica	4
2.2 Posición taxonómica	6
2.3 Distribución	6
2.4 Reproducción	8
2.4.1 Reproducción sexual	10
2.4.2 Formación de la semilla	13
2.4.3 Rompimiento de la latencia	17
2.5 Germinación	19
2.6 Tecnicas a emplear	21
2.6.1 Prueba de tetrazolio	21
2.6.2 Prueba de germinación	23
3 OBJETIVOS	24
4 MATERIAL Y METODOS	26
4.1 Obtención de la semillas	26
4.2 Prueba de tetrazolio	26
4.3 Prueba de germinación	27
4.4 Evaluación de la prueba de tetrazolio .	29
4.4.1 Criterio de la prueba de tetrazolio	29
4.5 Evaluación de la Prueba de germinación .	29
4.5.1 Criterio de germinación	30

INDICE

5	RESULTADOS Y DISCUSION	32
5.1	Descripción morfológica	32
5.2	Prueba de tetrazolio	35
5.3	Prueba de germinación	39
6	CONCLUSIONES	48
7	RECOMENDACIONES	50
8	BIBLIOGRAFIA	51
9	APENDICE	55

RESUMEN

Se realizaron pruebas de viabilidad con 2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro (tetrazolio) y germinación en semillas de Eichhornia crassipes. Para determinar si las semillas del lirio acuático presentan latencia, así mismo determinar cuales son las condiciones que favorecen la germinación de la semilla al aplicarseles 5 tratamientos (Constante humedad, escarificación, preenfriamiento, presecado y remojo en agua caliente).

Para la prueba de tetrazolio se utilizaron semillas recolectadas en 1991 y 1992.

Para semillas recolectadas en 1991 y almacenadas durante 12 meses en seco y a 5°C, se obtuvieron 20% y 33% de viabilidad respectivamente.

En semillas recolectadas en 1992, se obtuvo un 85% de viabilidad en semillas frescas y un 8% en semillas almacenadas a 5°C.

El porcentaje de viabilidad denotado por la tinción del embrión, fue variable a lo largo del tiempo así mismo la respuesta de la diversidad de la semilla del lirio.

Se concluyó que las semillas del lirio acuático presentan una tasa de respiración baja, la cual hace que la tinción del embrión no se efectúe en la mayor parte de éste. Por otra parte un factor que pudo intervenir en la falta de tinción del embrión es el daño mecánico ocasionado en el momento de seccionar a las semillas para la prueba de tetrazolio.

Para la prueba de germinación se registro germinación en la prueba de escarificación, sin encontrarse respuesta en los demas tratamiento e inclusive para el control.

En la prueba de escalirifación se registro la máxima velocidad y mayor porcentaje de germinación al cuarto día que correspondió con el día que se registro la temperatura más calida.

El proceso de germinación requiere el rompimiento de la testa de la semilla, así mismo deben presentarse los factores imbibición, temperatura mayor a 23°C y luz.

1 INTRODUCCION.

El papel que juegan las plantas acuáticas en los sistemas de agua epicontinental es importante, en virtud de que la energía solar captada y almacenada por ellas sirve como alimento para otros organismos. Dichas plantas constituyen un elemento necesario para la fauna del ambiente acuático, y son esenciales como parte de un sistema ecológico bien balanceado (Jaime y Chapa, 1976; Contreras, 1982), pero cuando una o varias de estas plantas acuáticas se desarrollan excesivamente y cubren gran parte de la superficie de los cuerpos de agua perturbando el uso o explotación de los mismos, se les denomina malezas acuáticas (Marzocca, 1976; Jaime y Chapa, op cit.; Holm et al. 1977; Contreras, op cit.; Díaz, 1989; Gutiérrez, 1989; Guzzy, 1989; Bravo, 1991).

Eichhornia crassipes (Mart) Solms, o lirio acuático es una planta libre flotadora que causa diversos problemas en los sistemas de agua epicontinentales del país, he inclusive a nivel mundial. (Penfound y Earle, 1948; Jaime y Chapa, op cit.; Holm op cit.; Contreras op cit.; Gopal, 1987; Bravo, op cit.).

Deteriora seriamente los sistemas acuáticos al alterar su calidad (Jaime y Chapa, op cit.; Contreras op cit.; Gopal, op cit.; Bravo, op cit.) causando pérdidas importantes del vital líquido, debido a su alta tasa de evapotranspiración, que junto con un mayor azolvamiento disminuye la capacidad de almacenamiento de los vasos, alterando su fauna, flora y limitando su uso.

También interfiere en la navegación, transporte, actividades recreativas, pesca comercial y deportiva; impide el flujo en canales y ríos; entorpece la irrigación y el funcionamiento de obras hidroeléctricas; por la disminución del oxígeno genera fuertes olores al crear condiciones anaerobias, principalmente en el fondo; devaluación de propiedades y favorece el desarrollo de vectores de enfermedades (Holm, et al. 1977; Gopal, op cit.; Díaz op cit.; Olvera, 1989; National Academy of Sciences "NAS", 1990; Bravo, op cit.).

Para resolver dicho problema, se han propuesto diversas alternativas, como es el control químico, biológico y mecánico. También se propone la utilización de la planta por su capacidad de actuar como filtro biológico y reducir la eutroficación, el aprovechamiento de su hemicelulosa para la fabricación de papel, la producción de etanol, la utilización de sus nutrientes como alimento para ganado, elaboración de almacigos para germinar semillas, mejorador de suelo, producción de gas, composta, entre otros. Sin embargo, a la fecha estos esfuerzos no han sido económicamente rentables. Por lo que las soluciones basadas en su aprovechamiento y los diferentes tipos de control, no han detenido

su propagación. (Niño, 1988; Díaz, 1989; González, 1989; Gutiérrez, 1989).

Eichhornia crassipes es originaria de América del Sur (Brasil), introducida a principios del siglo en el país, por lo cual no tiene controles naturales en México, además es una planta flotante, altamente adaptable a una amplia gama de condiciones ambientales y presenta una tasa de reproducción muy elevada. (De la Campa y Gúzman, 1963; Jaime y Chapa, 1976; Contreras, et al., 193; Díaz, 1989; Olvera, 1989; NAS, 1990).

El principal medio de propagación del lirio es la reproducción vegetativa, sin embargo, Niño (1988), anota que los eventos sexuales han sido subestimados en la planeación de estrategias de control y aprovechamiento debido a que, fuera de su ámbito natural de distribución no es común la formación de flores, semillas y plantulas. A pesar de este hecho, se considera que la especie conserva el potencial genético para la reproducción sexual como puede ser el caso de la República Mexicana.

La manifestación de los procesos sexuales del lirio acuático están fuertemente determinadas por las condiciones ambientales que se presentan en cada sitio y en especial en los lugares en donde las condiciones son adversas, provocando que las partes vegetativas sean destruidas periódicamente por la desecación o por el frío. En estas condiciones, las semillas del lirio acuático desempeñan un papel muy importante para la reinfestación de los cuerpos de agua, inclusive en sitios donde se ha llevado a cabo un determinado control. (Barton y Hotchkiss, 1951; Holm, 1977; Barret, 1980a; Lallana y Martha, 1980; Lallana, 1987; Niño, op cit.).

Por lo tanto podemos considerar a la semilla de las plantas como un mecanismo de preservación y supervivencia, además de que presentan en ésta etapa una fase adaptativa para sobrevivir a condiciones ambientales adversas y permanecer hasta encontrar épocas más adecuadas para su crecimiento. (Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología "CNEB", 1976; Barrett, op cit.; Hartmant y Kester, 1986; Lallana, op cit.; Niño, op cit.).

La latencia es una característica que presentan ciertas semillas maduras para persistir en un estado de reposo y no germinar de forma inmediata. Considerándose a la latencia como un mecanismo adaptativo, que permite que las semillas no germinen inmediatamente, ya que de iniciar este proceso en un lugar o estación inoportuno provocaría la muerte de las mismas (Sánchez, 1980; Murray, 1984; Moreno, 1985; Ellion y Barbour, 1989).

El fenómeno de latencia se define como la capacidad del individuo para mantenerse en un estado de inhibición del metabolismo e interrupción del desarrollo, hasta la llegada de la época favorable

para su establecimiento (Vázquez, 1990).

Según Sánchez, (1980) la causa de la latencia puede deberse a ciertos elementos que constituyen a las semillas, esto es de tipo exógeno, cuando radica en la característica impuesta por la cubierta (impermeabilidad al agua y oxígeno), o bien endógeno si reside en el embrión (mediante bloqueo genético).

Para muchas semillas el proceso de germinación es un proceso largo y lento, por lo que ha surgido la necesidad de aplicar y valorar la efectividad de distintos tratamientos que rompan dicha latencia (Sánchez. op cit.; Correa, 1990; Montes, 1990).

Haigh (1940¹) y Barrett (1980), señalan que E. crassipes permanece en estado latente conservando su posibilidad de germinación y por lo tanto ser como una fuente de reinfestación de cuerpos de agua.

El interés de conocer esta característica en el lirio acuático, ha generado información en diferentes lugares sin tener aun una respuesta clara a los procesos involucrados.

La Academia Nacional de Ciencias (1990), menciona que para luchar contra las plantas nocivas anuales dependerá sobre todo de una mejor comprensión de las condiciones ambientales en las que la latencia termine y comience la germinación; existiendo la posibilidad de desarrollar posteriormente una tecnología adecuada para el uso de herbicidas selectivos o alguna otra estrategia.

La realización de este estudio pretende contribuir al conocimiento de los aspectos de propagación sexual de la especie, ampliando la información de su biología y con ello motivar investigaciones posteriores orientadas hacia posibles medidas de control.

1 Haigh, 1940. citado por Barton y Hotckiss, 1951.

2 ANTECEDENTES

La conservación de los sistemas acuáticos epicontinentales es importante por los diferentes usos del vital líquido, sin embargo dichos cuerpos de agua presentan en la actualidad un mayor o menor grado de problemas de contaminación. Esto es debido a las descargas de aguas residuales que, incrementan la eutroficación de los cuerpos de agua, siendo un reflejo la presencia de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms conocida como lirio acuático.

2.1 Descripción morfológica

Eichhornia crassipes es una planta perenne, herbácea y libre flotante que llega a formar densos tapetes; presenta una alta plasticidad morfológica en respuesta al hábitat donde se encuentre como ríos, lagos, estanques, pantanos, canales y drenes (Penfound y Earle, 1948; Holm et al., 1977).

En estado adulto la planta está constituida de raíces, rizomas, estolones, peciolo, inflorescencias y frutos. Las láminas de los peciolo se arreglan a manera de roseta. Morfológicamente un peciolo de lirio en condiciones de baja densidad consiste en una ligula membranosa (apéndice en forma de lengua que señala la salida de la lámina), el subflotador (parte baja del peciolo), el peciolo globoso (denominado flotador), un istmo (constricción entre el flotador y la lámina) y la lámina ovalada o arriñonada y gruesa, a la que en ocasiones se denomina pseudolámina por no considerarla una lámina verdadera, sino una prolongación del peciolo que actúa como vela con la acción del viento. Fig. 1. (Holm, op cit.; Mitchell, 1978²; Sánchez, 1979).

En condiciones compactas, las plantas periféricas tienen flotadores y las centrales no; la intensidad de la luz influye también en la formación de estas estructuras (Penfound y Earle, op cit.; Holm op cit.).

La inflorescencia presenta flores cigomorfas hermafroditas en espigas. Fig. 1. (Holm, op cit.; Sánchez, op cit.).

Presenta un sistema radical adventicio fibroso sin ramificaciones y cápsula conspicua; esto es, la raíz se origina del tejido maduro no meristemático (una raíz primaria que se ramifica en muchas raíces delgadas y aproximadamente del mismo tamaño). Si la planta flota, la raíz es de color púrpura debido a pigmentos

² Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989

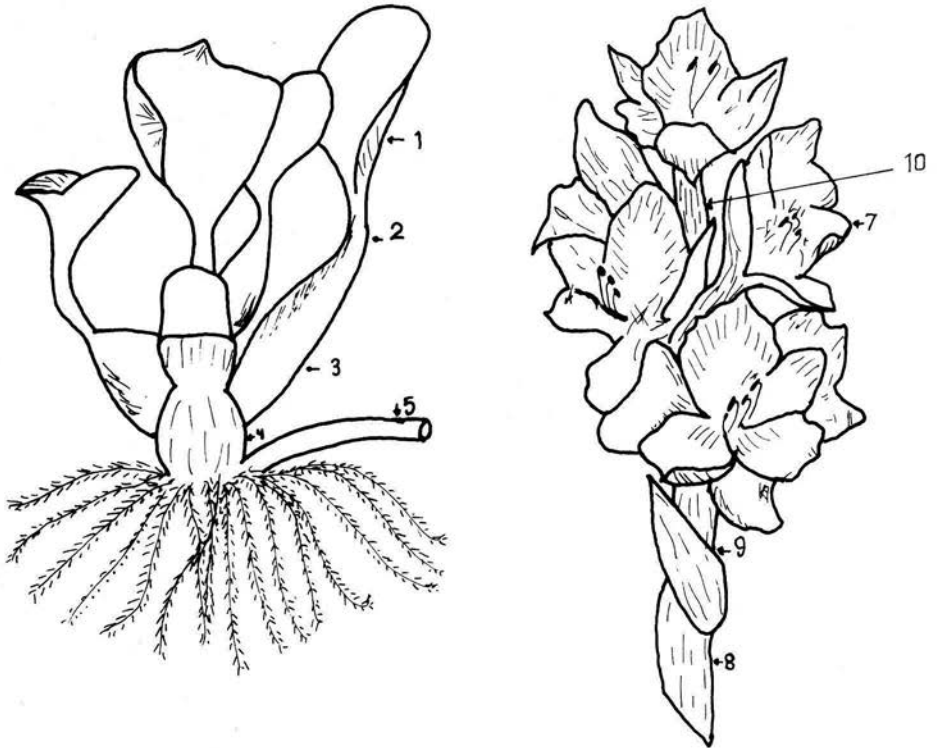


Fig.1 Planta e inflorescencia de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.
 1) Ligula o pseudo lamina 2) Itsmo 3) Flotador 4) Subflotador
 5) Estolon 6) Raiz 7) Flor 8) Pedunculo 9) Subraquis 10) Raquis
 Fuente: Penfound y Earle 1948; Holm et al, 1977; Sanchez 1979;
 Barret, 1989.

disueltos en la vacuolas llamados antocianinas, cuya formación se favorece con un alto contenido de azúcares; cuando la planta está arraigada, la raíz es blanca. El tamaño de la raíz es variable, de 10 cm o más de un metro; representa de 15 a 20% de la biomasa total de la planta, dependiendo de las características ambientales (Penfound y Earle, 1948; Holm, 1977).

2.2 Posición taxonómica

Taxonómicamente se ubica en el Reino: vegetal; División: Angiosperma; Clase: Monocotiledonea; Subclase: Superovarica; Superorden: Liliaceas; Orden: Farinosae o Pontederiales (Dahlgren y Clifford, 1982³; Familia: Pontederiaceae; Género: Eichhornia; Especie: Eichhornia crassipes (Mart) Solms. (Sánchez, 1979).

E. crassipes es comúnmente conocida como lirio acuático pero en nuestro país también se le conoce con otros nombres como: tamborcito, pato, jacinto, pantano, hierba mala, lirio de agua, cucharilla, jacinto de agua, huachinango entre otros. (Jaime y Chapa, 1976; Sánchez, op cit; Díaz, 1989; Gonzáles, 1989; Gutiérrez, 1989).

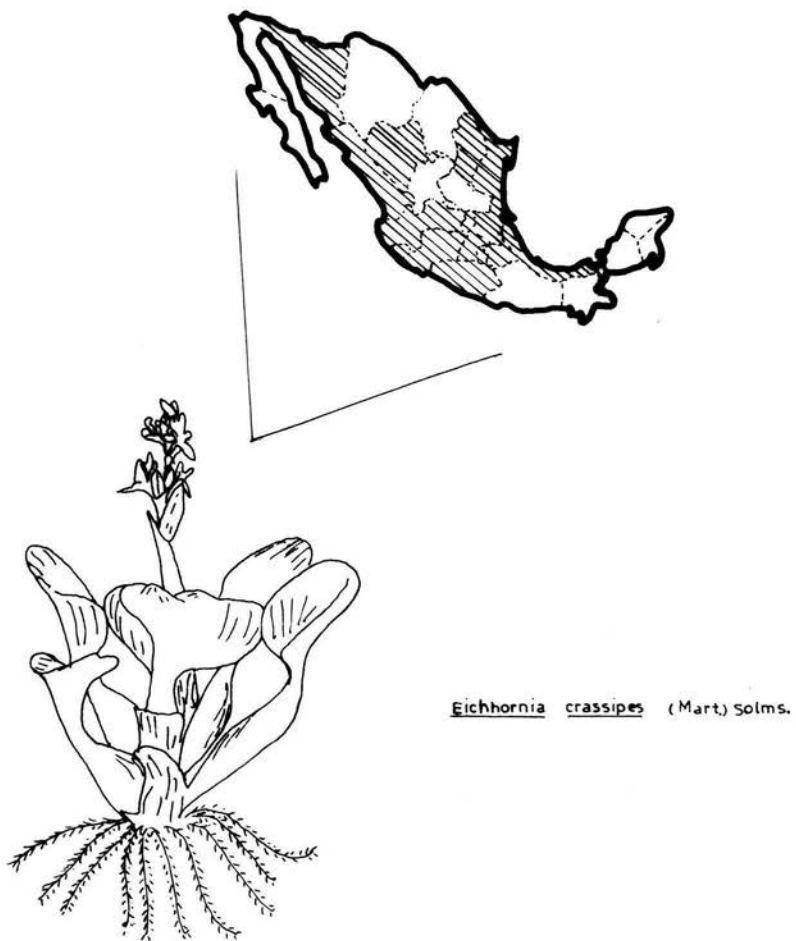
2.3 Distribución

El lirio acuático es una planta de atractiva belleza, Nativa del Sur de América, posiblemente del Amazonas en Brasil, dispersada alrededor de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Gopal, 1987; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua "IMTA", 1989).

Contreras y colaboradores (1982), elaboraron un inventario de malezas localizando en México a E. crassipes en: Aguascalientes, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Michoacan, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz. D.F. Los datos aquí recabados fueron principalmente del centro y norte de la República Mexicana. En los estados del norte del territorio mexicano, Baja California Norte y Sur, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí así como en Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo en el sur del país se presenta escasamente, pero actualmente se sigue expandiendo en numerosos lugares siendo difícil precisar la distribución geográfica en nuestro país. Fig. 2 (Contreras et al., 1982; Jaime y Chapa, op cit; Bravo, 1991).

3 Dahlgren y Clifford, 1982. citado por Olvera, 1988

Fig.2 Distribucion del lirio acuático en México (según Contreras y Carlos, 1981)



2.4 Reproducción

La propagación en las plantas implica dos tipos de ciclos biológicos de reproducción, sexual y asexual o vegetativo. La reproducción sexual es la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y la creación de individuos con nuevos genotipos, el ciclo asexual puede iniciarse quitando una parte de la planta, llámese yema, estolon, bulbos u otra estructura vegetativa, regenerando de ella una planta nueva. (Hartman et. al. 1986).

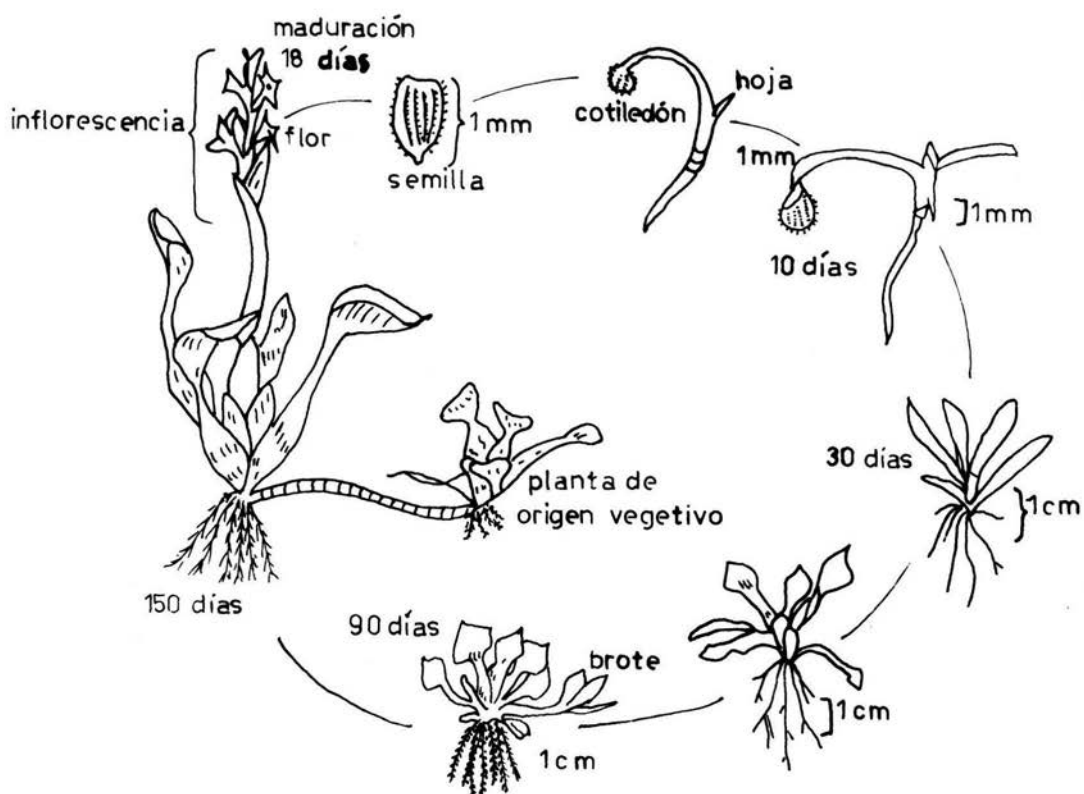
El lirio acuático se puede reproducir asexual o sexualmente (Fig.3), aunque la producción de semillas es importante en la recolonización de un área, la producción de nuevas plantas por reproducción vegetativa es mucho más significativa. En este tipo de reproducción las plantas maduras producen estolones horizontales que desarrollarán hojas arrosadas de una yema terminal (Mitchell, 1978²), en donde el tallo vegetativo consiste de un sólo eje cilíndrico con internodos cortos; en los numerosos nodos se producen todas las raíces, hojas, renuevos e inflorescencias de la planta. En condiciones abiertas, los internodos se producen largos y horizontales, cortos y verticales en tapetes densos, en cualquier caso, se producen brotes en su parte distal terminal (Penfound y Earle, 1948).

Las elongaciones del tallo, presentes entre los nodos, reciben el nombre de estolones cuando son superficiales y mandan hacia abajo raíces adventicias y producen nuevos tallos erectos a intervalos, o rizomas cuando se trata de prolongaciones debajo del agua e inclusive del suelo en plantas enraizadas; es difícil diferenciar entre estolones y rizomas en tapetes densos, ya que en estas condiciones ambos son verticales. El primero es una estructura de reproducción vegetativa y el segundo es el sistema de soporte, absorción de minerales y agua (Penfound y Earle, op cit.).

El proceso vegetativo se repite en las plantas hijas y cuando la maleza crece rápidamente en condiciones ideales, las plantas se pueden reproducir en corto tiempo (Mitchell, op cit.; NAS, 1990). La regeneración de fragmentos de plantas también puede ser prolífica (Mitchell, 1978²).

2 Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989

Fig.3 Ciclo de vida del lirio acuático Eichhornia crassipes
Olvera 1989.



2.4.1 Reproducción sexual

En el ciclo sexual es importante como primera fase la inducción de la flor que es el resultado de factores ambientales, tales como: luz, agua, temperatura etc. éstos son recibidos por la planta, activándose los puntos de crecimiento desarrollando partes florales produciéndose así una flor. (Hartman et al., 1986).

La inflorescencia del lirio es una espiga que consta de dos a treinta y cinco flores, Fig. 1 (dependiendo del tamaño y hábitat de la planta), colocadas espiralmente y sustentadas en un pedúnculo y dos brácteas axilares, una inferior con una hoja y una superior interna más pequeña y sin hoja. La porción del pedúnculo arriba de la bráctea, que no lleva flores, se llama subraquis y la porción con flores, raquis, que lleva botones de flor o flores colocadas en cavidades relativamente profundas en arreglo espiral. Las flores individuales consisten en un hipantio de 17 mm de largo que curva gradualmente fuera del raquis (base del cáliz, modificada que rodea el ovario) un perianto, cuyo color es púrpura pálido, de tres sepalos y tres pétalos diferentes, seis estambres, tres cortos (8 mm) y tres largos (22 mm) de filamento blanco y un pistilo (gineceo) tricarpelado (con tres cavidades). El pistilo consiste en un ovario cónico, estilo largo y blanco (longistilo), y un estigma capitado, que se sitúa a la mitad entre los dos grupos de anteras (mesostilo) o se encuentra por debajo de estos (brevistilo), como sucede en algunos casos, este fenómeno se le conoce como heterotristilia no siendo posible encontrar los tres tipos de flores en un mismo ambiente Fig. 4 (Holm, et al., 1977; Mitchell, 1978²).

El proceso de polinización se lleva a cabo cuando el polen es transferido de la antera al estigma formándose aquí el tubo polínico por donde descenderán los gametos masculinos uniéndose con los gametos femeninos en el saco embrionario (fertilización) para producir el embrión y el endospermo. El gameto masculino puede proceder de la misma flor o de flores de la misma planta o de diferentes plantas pero del mismo clon o puede llevarse a cabo la polinización cruzada en la que el polen procede de una planta diferente o de un clon diferente. (Hartman, op cit.; Weaver, 1982).

Con respecto a la sexualidad de la planta algunos investigadores asumen que los clones del lirio acuático son sexualmente estériles y podrían no generar semillas. Dicha hipótesis se basó en dos generalidades la primera es por que las plantas crecen exclusivamente por propagación vegetativa durante períodos largos y frecuentemente pierden la habilidad de reproducirse sexualmente, además las mutaciones genéticas pueden

² Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989

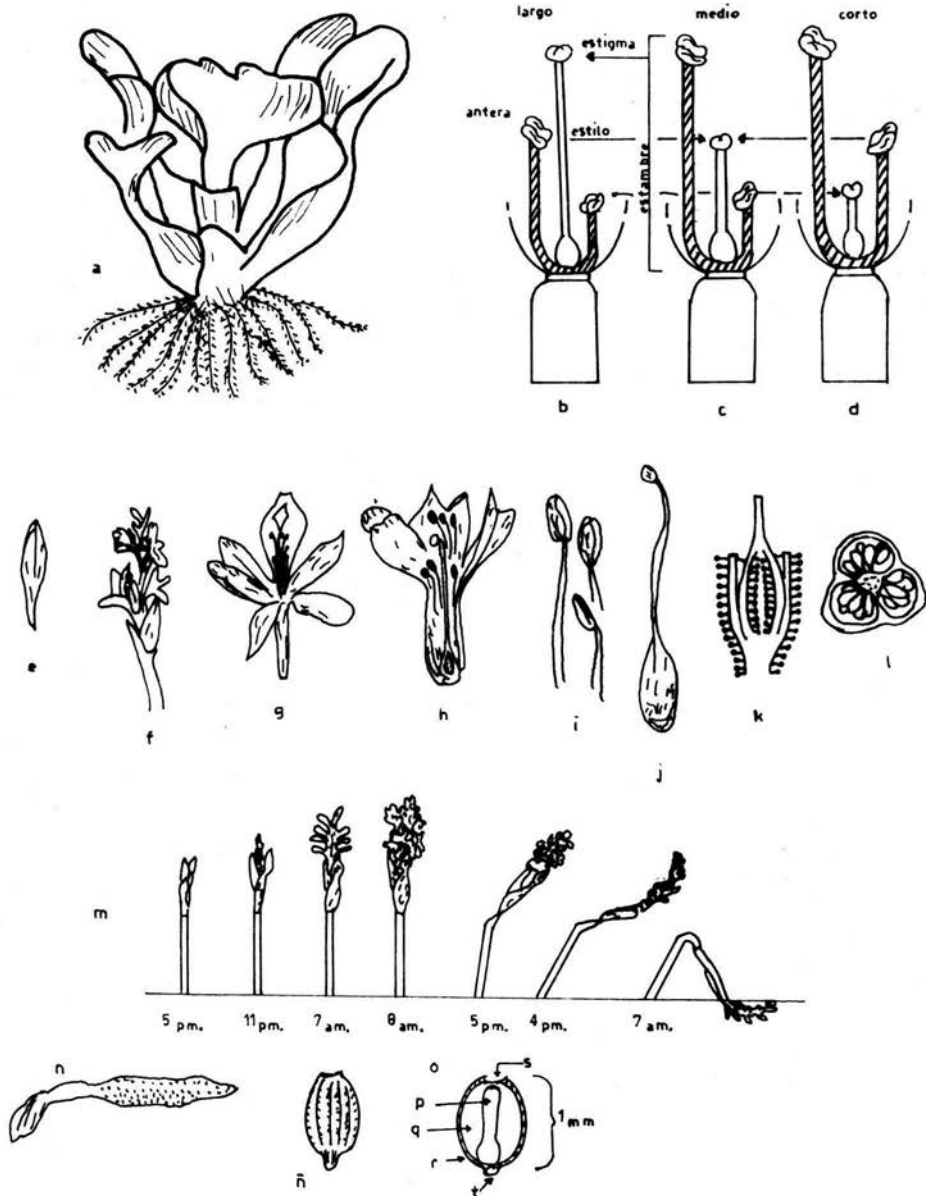


Fig.4 Esquema del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. a) Planta b) Estilo largo (longistilo) c) Estilo medio (mesostilo) d) Estilo corto (brevistilo) e) Botón floral f) Inflorescencia g) flor h) Corte longitudinal de la flor i) Estambres j) Estilo k) Corte longitudinal del ovario l) Corte transversal del ovario m) Ciclo antocinético que incluye fases de floración y doblez n) Cápsula ñ) Semilla o) Corte longitudinal de la semilla p) Embrión q) Endospermo r) Cubierta s) Región calazal t) Región micropilar. Fuente: Penfound y Earle, 1940; Sánchez, 1969; Holm et al, 1977; Olivera, 1980; Barret, 1989.

dañar el polen y la fertilidad de la semilla al acumularse a lo largo del tiempo (las mutaciones de este tipo son continuamente eliminadas por el pool genético de la especie, siendo la reproducción sexual regulada por los ciclos reguladores). La segunda hipótesis es sugerida a una esterilidad basada en la morfología floral de E. crassipes ya que presenta tres tipos de estilos (Barrett. 1989).

Las plantas triestilicas son usualmente autoincompatibles e intramorficamente incompatibles, esta incompatibilidad se aprecia en la escases de semillas producidas por autopolinización y polinización por otras plantas de la misma morfología (el cruce entre flores de diferente morfología pueden dar muchas semillas). Barrett (1989) obtuvo un alto nivel de semillas fértiles basada en la particularidad morfológica de las colonias de E. crassipes, el observo que los clones individuales son fértiles intramorfologicamente, produciendo así semillas viables.

Por otra parte el estilo corto crece principalmente en el Amazonas en el Valle del Pantanal, en Paraguay y en las riverás del Paraná, con respecto al estilo medio y largo se localiza también en áreas no nativas predominando en abundancia el primer estilo y el segundo se presenta con menor frecuencia (Barrett. op cit.).

La distribución del estilo corto esta limitado a las partes del Sur de América probablemente porque esta relacionado con la polinización local. Las abejas visitan las flores del lirio acuático para su alimentación, haciendo contacto con el estigma por lo tanto el estilo largo y medio de estas áreas es por polinización, para el estilo corto no es tan fácil, debido a la forma de la flor el estigma se esconde quedando fuera del alcance de las anteras; dejando así la polinización exclusivamente a una abeja Ancylloscelis gigas ya que esta puede tocar fácilmente el estigma corto, siendo este la principal razón de la restricción de la distribución de dicho estilo (Barrett. op cit.).

La presencia periódica del estilo largo (aunque no tan frecuente) en regiones no nativas, no se puede interpretar necesariamente como si fué introducida independientemente; ya que en una población de estilo medio pude presentar formas de estilo largo, debido a que se lleva la información genética de triestilia.

En el lirio acuático dos genes determinan la longitud del estilo, el primer gen determina si es o no estilo corto y si este se expresara, el segundo gen tiene la información del estilo medio y largo presentando dos alelos el dominante determina el estilo medio (M) y el recesivo el estilo largo (m) de esta forma (MM),

(Mm) y (mm) expresarán el estilo medio y el estilo largo será (mm), de tal forma que poblaciones de estilo medio pueden reproducirse sexualmente y generar estilos largos, si este estilo se presenta en poblaciones principalmente de estilo medio se puede asumir que la población probablemente se reproduce sexualmente, lo que nos indica que en dicho lugar las semillas germinan y se desarrollan hasta dar una planta adulta (Barrett. op cit.).

Así mismo Lallana y Martha (1980) y Lallana (1987) mencionan que en Argentina el lirio acuático presenta polinización cruzada realizada por insectos. Pero en la mayoría de los lugares donde se presenta y se observa flores brevis y mesostilas, pueden autofecundarse en condiciones naturales con un porcentaje considerable. En el caso de las longistilas sólo es posible la polinización cruzada. Este hecho tiene relación con la disposición de los estambres en relación al estigma, por lo cual, se puede presentar una mayor probabilidad de autofecundación para las flores mesostilas, ya que están más próximos entre sí, mientras que las brevistilas la distancia es mucho mayor y además el estigma se encuentra ubicado por debajo de la garganta del tubo perigonal, reduciéndose la posibilidad de caída del polen en la superficie del mismo.

La autofecundación en E. crassipes sucede cuando el pedúnculo floral se dobla, (Fig. 3) y los ovarios alcanzan el agua; esto está relacionado por el alto contenido de polen encontrado en esta etapa y al escaso polen encontrado en las flores que aun no doblan el pedúnculo. (Penfound y Earle, 1948; Lallana, 1987.)

Por otro lado se menciona que la autofecundación y el establecimiento del fruto del lirio se favorece por una humedad alta y temperaturas entre 25-30°C. (Tag el Seed y Obeid, 1975; Schulz, 1942⁴).

2.4.2 Formación de semillas

Para que existan semillas viables (embrión vivo y capaz de germinar), es necesario que haya tanto polinización como fertilización. Sin embargo, en algunos casos el fruto puede madurar y contener sólo cubiertas de semilla arrugadas y vacías, sin embrión o con un embrión delgado y encogido. Esa falta de semilla puede deberse a varias causas conocidas como: a) partenocarpia que es el desarrollo del fruto sin polinización-

4 Schulz, 1942. citado por Lallana, 1980

fertilización o; b) aborto del embrión (muerte del embrión durante el desarrollo) y c) incapacidad del embrión para acumular las reservas alimenticias necesarias. Si el aborto del embrión ocurre temprano lo más probable es que el fruto caiga pronto o que no crezca a su tamaño normal (Hartman et al., 1986; Montes, 1990).

Como el crecimiento inicial de la plántula depende de los materiales de reserva, las semillas más pesadas deben tener mejor germinación y producir plántulas más vigorosas. Si algunas condiciones interfieren en el proceso de almacenamiento, en forma tal que se acumulen menos materiales de reserva, las semillas resultarán delgadas, arrugadas y livianas. Entre más severas sean esas condiciones, menos pueden sobrevivir las semillas a períodos de almacenamiento; su germinación es deficiente y producen plántulas más débiles. (Hartman op cit.).

Penfound y Earle (1948), mencionan que en E. crassipes el ovario produce aproximadamente 500 óvulos pero raramente tiene más de 50 semillas por cápsula, ésta cápsula es membranosa trilobular dehiciente y se menciona que necesita de 16 a 23 días para madurar, abriéndose espontáneamente, por presión de los tejidos internos que fracturan el pericarpio para liberar las diminutas semillas, de apariencia oblonga-elipsoide con costillas longitudinales de 8-12, con un extremo truncado con una depresión circular de color oscuro (región calazal) y el otro extremo micronado (región micropilar), sin pico estilar. Su cubierta seminal esta esclerosada o endurecida, su embrión es central también conocido como embrión lineal, y está embebido en el endospermo almidonoso que es abundante. Fig. 4. (Holm, et al., 1977; Mitchell, 1978²; Olvera, 1988).

El color de las semillas del lirio varia de tono grisáceo hasta oscuras de 1.4-1.6 mm de largo y de 0.5-0.8 mm de ancho oscilando su peso de 0.0008-0.01 gr. (Olvera, 1988; Penfound y Earle, 1948), durante el estado de maduración de las semillas se efectúan cambios físicos y químicos específicos que conducen a la senescencia del fruto y a la diseminación de la semilla (Hartman et al., 1986). Las semillas del lirio acuático inicialmente se depositan en el tapete de la misma maleza en condiciones compactadas o en el fondo del agua (Mitchell, op cit.; Holm, op cit.)

La formación de la semilla es importante para el lirio, sin embargo, ésta se lleva a cabo sólo en algunos lugares. Tag el Seed y Obeid (1975⁵), mostraron que hay pocas cápsulas con semillas

5 Tag el Seed y obeid 1975; 2 Mitchell, 1978. citados por Olvera, 1989

en el Nilo, pero la germinación es sumamente importante para su diseminación y supervivencia de la maleza en el Sudan.

De igual forma que una gran cantidad de semillas la dispersión de la semilla del lirio acuático puede efectuarse por numerosos agentes. Una vez que las semillas estén maduras podrán desprenderse de la planta madre quedándose muy cerca de ella o viajar muy lejos; cuando las semillas son muy pequeñas pueden dispersarse por viento, transportándose como polvo atmosférico; otras semillas son transportadas por peces, aves e incluso por el agua (hidrocoria) por lo que las semillas recorren grandes distancias a partir de la planta madre (Klingman et al, 1980; Aurea, 1991).

Depositadas las semillas pueden germinar inmediatamente favorecidas por el ambiente o permanecer por períodos largos. Esto se debe principalmente a la presencia de semillas quiescentes y/o latentes; determinándose como quiescencia al estado de la semilla cuando ésta es incapaz de germinar debido a la falta de las condiciones externas adecuadas para su crecimiento (Greulach, 1973; Salisbury y Rooss, 1978; Camacho, 1987; Hartman y Kester, 1985).

Sin embargo no todas las semillas presentan este fenómeno. Existen otras que permanecen en un estado de reposo y no germinan de forma inmediata, aun en lugares y condiciones consideradas como adecuadas para su germinación conservando así su potencial germinativo por largos períodos en el suelo, en los fondos de cuerpos de agua o donde fueron depositados. A estas semillas se les denomina latentes, considerándose por tal motivo a la latencia como un mecanismo adaptativo ya que de iniciar la germinación en un lugar o estación no apta (épocas secas y/o frías) provocaría la muerte de la semilla. (Kligman y Ashton, 1980; Sánchez, 1980; Moreno, 1984; Murray, 1984; Hartman, op cit.; Camacho, op cit.; Besnier, 1989; NAS, 1990; Vázquez, 1990; García, 1991).

Murray (op cit.), menciona que la latencia en la semillas es un punto en el cual la germinación es retrasada hasta encontrar condiciones o estaciones favorables (templadas o cálidas y húmedas) para su crecimiento y establecerse posteriormente como una planta normal. (Vázquez, op cit.).

La causa de la latencia puede ser exógena: esto es, impuesta por características de las cubiertas (impermeabilidad al agua y al oxígeno), o bien endógena que reside en el embrión (mediante bloqueo genético), o por la presencia de inhibidores. (Sánchez, 1980; Rojas y Rovalo, 1985; NAS, op cit.; Camacho, 1985; Besnier, op cit.; Montes, 1990).

Otros factores que determinan que tan profunda y larga puede ser la latencia de una semilla es, por el proceso mismo de la

diseminación que precede al del establecimiento, de manera que en estos casos la latencia profunda es principalmente una consecuencia del mecanismo de diseminación (Vázquez, 1990). Este es en el caso de la mayoría de las plantas cuando su deshidratación es relativamente drástica, una vez que han sido liberadas, a un ambiente muy seco. Además, con frecuencia se acumulan sustancias inhibitorias del crecimiento que alargan la duración del letargo aun en condiciones favorables, o existen mecanismos de latencia determinados por sensores ambientales presentes en la semilla que detectan la presencia de condiciones óptimas de germinación.

Robert (1973⁶) clasificó a las semillas en dos grupos de acuerdo a su capacidad de almacenamiento, las semillas que pueden prolongar su longevidad, deshidratarlas y almacenarlas a temperaturas bajas reciben el nombre de "ortodoxas", las que mueren al ser deshidratadas por debajo de cierto nivel y que conservan cierta tasa respiratoria, no pueden ser almacenadas a bajas temperaturas, se les conoce como "recalcitrantes". Ambos grupos difieren en morfología, fisiología y origen ecológico, siendo el fundamento de dicha clasificación la existencia de semillas fáciles de almacenar y semillas que no lo son.

Las semillas fácilmente almacenables suelen ser de talla pequeña y se desprenden de la planta madre con contenidos de humedad relativamente bajos. Durante su maduración la gradual deshidratación celular conduce a un rearrreglo de las macromoléculas y de las membranas, de manera que se preserva la potencialidad de regenerar una estructura celular funcional al rehidratarse los tejidos. La resistencia a bajas temperaturas incrementa notablemente su viabilidad. La longevidad depende así del contenido de humedad y de la temperatura lograndose prolongar por periodos más largos (Vázquez, 1990).

Las semillas difíciles o imposibles de almacenamiento (pierden la viabilidad durante el almacenamiento), tienden a ser grandes y son liberadas con un contenido de humedad alto, frecuentemente mayor al 50% del peso húmedo. Presentan cierta tasa respiratoria y es imposible descender el contenido de humedad por debajo de cierto límite sin causar daños irreversibles a la estructura celular; por lo que difícilmente toleran las bajas temperaturas y al ser almacenadas son fácilmente invadidas por hongos y otros organismos. Sin embargo algunas presentan una germinación retardada, debido al proceso de maduración del embrión que requiere de varios meses para completarse (Vázquez. op cit.).

⁶ Robert, 1973. citado por Vázquez, 1990

Sin embargo, el conocimiento de la latencia en diferentes especies es y ha sido de suma importancia para inducir la germinación en diferentes tipos de cultivos, incluso de importancia ecológica. Pero a pesar de ello en la actualidad se desconocen los mecanismos que rompen el estado latente de muchas especies de importancia comercial, así mismo para especies silvestres indeseables para el hombre como en el caso del lirio acuático (NAS. 1990; Hartaman, 1986).

2.4.3 Rompimiento de la latencia

En las semillas latentes para que se realice la germinación es necesario que los mecanismos fisiológicos que la inhiben sean eliminados, lo cual ocurre bajo la influencia de ciertos eventos ambientales que no siempre corresponden a las exigencias de las semillas quiescentes para germinar (Camacho, 1987).

Las semillas que son impermeables al agua se les conoce como semillas con latencia física, la cual se adquiere al final de su maduración. Se cree que durante la desecación es adquirida la impermeabilidad por el compactamiento de las células de la testa. Así mismo, se piensa que en este período es el resultado de la oxidación de fenoles y presencia de quinona, la que da origen a un pigmento; observándose en algunas especies una relación directa del color de la testa con la impermeabilidad, a más oscuras más impermeables.

La latencia física se elimina en el momento en que penetra el agua a la semilla, esto puede ser provocado por fisuras en la cubierta, por medio de choques térmicos; con agua caliente, en inmersiones largas o cortas; calentamiento en seco, en un horno o en una plancha térmica; por congelamiento; por escarificación mecánica; radiación y tratamientos sónicos; con solventes orgánicos (Nikolaeva, 1969⁷; Brant, *et al.* 1971⁷; Hartmann, y Kester, 1971⁷; Jann y Amen, 1977⁷; Mc Dunough, 1977⁷; Taylorson y Hendricks, 1977⁷; Rolston, 1978⁷; Liu, *et al.* 1981⁷; Jordan y Jordan, 1982⁷).

Otras semillas presentan latencia química, debido a que presentan inhibidores en la cubierta, la cual se puede eliminar por medio de la pérdida de la cubierta con: soluciones concentradas para la lixiviación; con escarificación mecánica; con fermentación e intemperización; remojo; alternancia de secado y humedad; tratamientos térmicos (Camacho, *op cit.*).

7 Autores citados por Camacho, 1987

Podemos encontrar semillas con latencia mecánica provocada por cubiertas gruesas principalmente además de presentar latencia fisiológica y/o inhibidores en las cubiertas, siendo posible eliminar dicha latencia por medio de tratamientos como: cáusticos; escarificación mecánica; estratificación cálida; remojo y secado (Camacho, op cit.).

Por otra parte, también encontramos semillas con latencia fisiológica la cual es sumamente compleja, esta es causada por bloqueos metabólicos en el embrión sostenidos por la baja permeabilidad de la cubierta a los gases, manifestándose la incapacidad del embrión para crecer y atravesar las cubiertas, en muchas de estas semillas se han encontrado inhibidores, también se menciona que la falta de hormonas promotoras de la germinación y la incapacidad de sintetizarlas, forman parte de las causas de la latencia. Para que puedan germinar se requiere la pérdida de los bloqueos metabólicos; la influencia del medio ambiente para la germinación; la termo y fotosensibilidad; almacenamiento en seco; cáusticos; agua caliente; congelamiento; escarificación; hormonas; radiación, tratamientos sónicos; solventes orgánicos, siendo éstos algunos de los tratamientos de eliminación, pero es importante señalar que las semillas que presentan este tipo de latencia, debe ser elegido el tratamiento de acuerdo a la fisiológica de la semilla en estudio (Camacho, 1987).

En el caso de las semillas con latencia morfológica se debe, a que el crecimiento de los embriones es detenido y no se han desarrollado completamente, encontrándose embriones rudimentarios, pudiéndose eliminar por estratificación cálida; hormonas (Camacho, op cit.).

La latencia morfofisiológica se presenta con embriones rudimentarios, cubiertas poco permeables a los gases y bloqueos metabólicos, dicha latencia puede ser eliminada con tratamientos tales como: combinación de estratificación cálida con enfriamiento en húmedo; hormonas.

Debido a que no existen semillas que presenten sólo un tipo de latencia se ve la necesidad de aplicar más de uno de los tratamientos aquí referidos, Camacho, (1987), menciona que es importante conocer las características fisiológicas de la semilla para aplicar ciertos tratamientos de acuerdo a la semilla que se este estudiando.

E. crassipes presenta semillas pequeñas de 0.5 mm. de ancho, de cubierta impermeable con estrias (Penfound y Earle, 1948). Al ser depositadas las semillas en el ambiente pueden permanecer en constante humedad cerca de la planta madre o desplazarse a lugares fríos, cálidos, así como permanecer en lugares secos. De tal forma que los mecanismos que pueden debilitar la cubierta de la semilla

del lirio acuático para inducir el proceso de germinación es, la escarificación, cambios de temperaturas, así como permaneciendo en constante humedad.

2.5 Germinación

Se considera a la germinación como la emergencia y desarrollo de estructuras esenciales provenientes del embrión de la semilla. (Moreno, 1984; Rojas y Rovalo, 1985; Correa, 1990).

En *E. crassipes* se señala que después de la maduración y su depositación en el cuerpo de agua las semillas permanecen viables por largo tiempo, sin llegar a germinar; se ha observado que esto sucede en espacios de baja temperatura y precipitación pluvial, en tanto su germinación es favorecida por temperaturas de 36 a 38° C (Holm, 1977; Mitchell, 1978²).

Penfound y Earle (1948), mencionan que los factores físicos y bióticos son importantes para la germinación del lirio acuático.

Holm (1977), indica que la semilla puede germinar en tierra y considera que debe presentarse una escarificación física, química o factores bióticos como prerequisite para que ocurra, además, menciona que la luz no es necesaria para la germinación. Reconoce que no se tiene un conocimiento exacto del mecanismo o las necesidades para que las semillas del lirio acuático puedan germinar.

Obeid y Tag el Seed (1976), mencionan que *E. crassipes* requiere de condiciones específicas para su germinación. Obtuvieron una buena germinación en suelo arcilloso rico en materia orgánica a escasos 3 cm de profundidad del agua. Señalan además, que las condiciones de almacenamiento afectan la germinación de la semilla.

Crocker (1907⁸), estableció que las semillas germinaron después de 7 días de permanecer en humedad constante. Haigh (1936⁹), en Ceylan observó que algunas semillas germinaron a los 7 días después de su colecta y mencionó que el secado y el almacenamiento prolongado en seco no son necesarios. Sin embargo, Mülle (1963⁹), cree que la desecación es esencial Robertson y Thein (1932⁹), y Parija (1934⁹), coinciden en que la germinación fue regida por la alternancia de humedad y secado. Hitchcock *et al.* (1949⁹), demostró que el secado toma aproximadamente el doble del tiempo de

2 Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989;

8 Crocker, 1907. citado por Obeid y Tag el Seed, 1976

9 Autores citados por Obeid y Tag el Seed, 1976

germinación que cuando las semillas permanece en humedad después de su colecta. Haigh (1936⁹), mencionó que altas temperatura o intensa luz inducen la germinación y Hitchcock et al. (1949⁹), también coincidió en que la alta temperatura estimula la germinación.

Penfound y Earle (1948), indicaron que no es necesario el secado para la germinación, y que cuando se incuban con calor no ocurre dicho proceso.

Jaime y Chapa (1976), señalaron que las semillas del lirio se hunden en el agua y permanecen en estado latente durante el período de baja temperatura o durante las sequías; después en condiciones más adecuadas, germinan y recuperan la población. Favorece la germinación, una temperatura entre 28 y 36°C, así como una intensa iluminación.

Barton y Hotckiss (1951), trabajaron con la germinación de semillas de E. crassipes con variación de la temperatura obteniendo la mejor germinación en un ámbito de 23 a 59°C, mencionan que es bien conocido que el principal medio de expansión del jacinto de agua es por propagación vegetativa, sin embargo, la producción de semillas cada año es importante y pueden llegar a establecerse y reinfestar los cuerpos de agua.

También se registra que las plantas de semilla emergen a los 3 días de haber germinado presentando de 2 ó 3 hojas; de 10 días a 30 días poseen 7 u 8 hojas en algunas presentan flotadores; a los 60 días presentan muchas hojas pequeñas. La producción de hojas ocurre cada 3 días (Holm, 1977).

Los trabajos realizados en México que se relacionan con este tema es el de Olvera (1988), quién recolectó semillas de lirio acuático y llevó a cabo su descripción.

En el mismo año Niño (1988), realizó pruebas de germinación de lirio acuático con un fotoperiodo de 12 hr. luz y 12 hr. oscuridad sin tener resultados positivos.

Niño (op cit.); anota que los eventos sexuales han sido subestimados en la planeación de estrategias de control y aprovechamiento, ya que fuera de su ámbito natural de distribución no es común la formación de flores, semillas y plántulas. Sin embargo, a pesar de este hecho, se considera que la especie conserva el potencial genético para la reproducción sexual en muchas regiones del mundo como en el caso particular de México y

que la manifestación de estos procesos sexuales está fuertemente determinada por las condiciones ambientales, de manera especial en aquellas condiciones adversas en donde las partes vegetativas son periódicamente destruidas por desecación (Barrett, 1980b).

Por consiguiente las semillas de lirio acuático desempeñan un papel muy importante en la reinfestación de cuerpos de agua (Barret, 1980a; Lallana, 1987; Niño, 1988). Siendo preponderante la investigación del proceso sexual y buscar soluciones para un adecuado control y manejo de dicha planta.

2.6 Técnicas a emplear

2.6.1 Prueba de tetrazolio

La prueba de tetrazolio (2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro) es un método cómodo y rápido para evaluar la viabilidad de las semillas, sin que sea necesario hacerlas germinar.

Los métodos colorimétricos están basados en: a) procesos de reducción producidos por los fenómenos respiratorios y b) tonalidades con distintos colorantes según sean tejidos vivos o muertos, debido a la diferente penetrabilidad que presentan los colorantes (Yacubson, 1981).

Moore en 1956¹⁰, determinó que si hay deterioro en el interior de las semillas, causada por la deshidratación y sequedad durante el proceso de maduración, diseminación y almacenaje de la semilla de tal forma que las manchas de tinción son des uniformes, maculadas darán seguramente plantas de bajo vigor.

El comité de pruebas de Vigor de la ISTA (1977¹¹), definió al vigor como: la totalidad de propiedades de la semilla que determina la actividad y comportamiento durante su germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que germinen mejor, que den plantulas normales y en general que sean de buena calidad, se les llama semillas de alto vigor y las semillas que no presenten esta propiedad se les denomina de bajo vigor (Moreno, 1984).

Algunas semillas presentan daños mecánicos causados por la rápida absorción del agua, magulladuras, menoscabos producidos por el manejo. La persona que manipula debe tener presente todos los daños ocurridos durante la preparación previa a la tinción (Moore, op cit.).

10 Moore, 1956. citado por Yacubson, 1981.

11 Comité de pruebas de Vigor de la ISTA, 1977. citado por Moreno, 1984

El teñido revela el estado de las semillas éstas se agrupa en:

GRUPO I Teñido homogéneo: SEMILLAS FERTILES (VIABLES).

GRUPO II Parcialmente teñidas en manchones irregulares:
SEMILLAS DUDOSAS.

GRUPO III Embriones blancos: SEMILLAS INFERTILES (NO
VIABLES).

Las semillas se preparan cuidadosamente remojándose en agua caliente por una hora o en agua fría muchas horas (toda la noche), el embrión puede ser extraído, o bisectar la semilla longitudinalmente también puede extraer la testa de la semilla para facilitar la penetración del colorante que es incoloro 2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro. Las semillas pequeñas sólo pueden ser perforadas. El remojado en agua acelera la respiración y se inicia la germinación. Las semillas blandas son más fáciles de cortar y facilita el teñido.

Las semillas recién cosechadas tienen un elevado porcentaje de humedad, por lo tanto puede o no necesitar el remojado de las mismas.

El tetrazolio es incoloro, pero en células vivas es reducido por la enzima deshidrogenasa en una forma estable: rojo trifenil formalizina o "trifenil formazan", la cual es insoluble en agua. Los tejidos muertos no se colorean y los necróticos tienen poca intensidad en los colores.

Se utiliza el tetrazolio al 1% y el pH debe encontrarse en un ámbito de 6.5 - 7.

El principio bioquímico de la prueba se basa en la presencia de los procesos de reducción que tienen lugar en las células vivas se hacen visibles por la reducción de un indicador. El indicador es una solución incolora de una sal de tetrazolio que es embebida por la semilla. Esta solución penetra en los tejidos de la semilla y en los procesos de reducción de las células vivas toma el hidrógeno liberado por las deshidrogenasas. Por hidrogenación del cloruro o bromuro de 2 3 5 trifenil tetrazolio se forma en células vivas una sustancia roja estable y no difusible el trifenilformazan. De esta forma las semillas que se colorean de rojo están vivas y las no coloreadas están muertas (Yacubson, 1981).

2.6.2 Prueba de germinación.

La prueba de germinación tiene la finalidad de obtener información de la capacidad de las semillas para producir plantulas normales. Además puede evaluarse en la capacidad germinativa entre diferentes lotes de semillas de la misma especie (Moreno, 1984).

Los métodos de laboratorio que se han desarrollado permiten obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas, de una determinada especie. Pudiéndose controlar algunos parámetros que el experimentador desee conocer como lo son: agua, luz, temperatura, humedad, entre otros. De igual forma pueden ser reproducibles por otros investigadores que deseen obtener alguna información (Moreno op. cit.).

3 OBJETIVOS

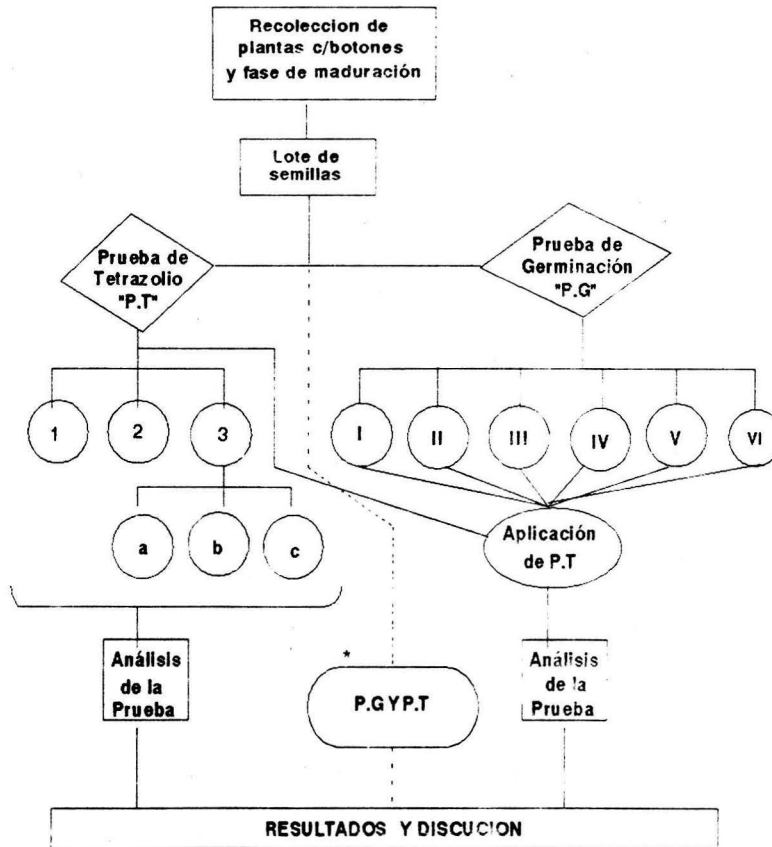
- I.- Determinar bajo qué condiciones pueden germinar las semillas de Eichhornia crassipes.

- I.I.- Evaluar el efecto de 5 tratamientos para inducir la germinación de E. crassipes.

- II.- Comparar el porcentaje de viabilidad entre la prueba de germinación y la prueba de 2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro (tetrazolio)

- III.- Determinar si existe latencia en la semilla de E. crassipes.

Fig. 5 Diagrama del procedimiento de manejo de las semillas en la prueba de Tetrázolío y Germinación



Semillas a las cuales se les aplico la prueba de tetrazolío "P.T."

- 1 Semillas de 1991, almacenadas durante 12 meses en seco
- 2 Semillas de 1991, almacenadas por 12 meses a 5°C
- 3 Semillas de 1992,
 - a) Sin almacenar
 - b) almacenadas por 3 meses en seco y
 - c) a 5°C

Tratamiento de las semillas a las que se les aplico la prueba de germinación "P.G"

- I Control
- II Constante humedad
- III Escarificación
- IV Preenfriamiento
- V Presecado
- VI Remojo en agua caliente

* P.G Y P.T en experimentos cualitativos

4 MATERIAL Y METODOS.

El procedimiento del manejo de las semillas de E. crassipes para la prueba de 2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro (tetrazolio) y de Germinación se presenta en la Figura 5.

4.1 Obtención de la semilla

El material de estudio se obtuvo de la Laguna de Zumpango, ubicada al Norte de la ciudad de México, perteneciendo al municipio de Zumpango de Ocampo en el estado de México, localizada a 19° 48' de latitud Norte 99° 08' longitud Oeste a una altitud de 2244 m.s.n.m. (Carta E 14 A 19 1:50 000).

Las semillas de E. crassipes se recolectaron directamente de las cápsulas. En campo se recolectaron las plantas con botones florales y se trasladaron al laboratorio en bolsas de polietileno; colocándose en un evaporímetro de 1.22m de diámetro por 0.26m de altura, (Ver Apéndice Fig. 6), conservándose durante el proceso de floración y maduración de las semillas. La polinización de las flores se realizó manualmente, abiertas las flores se espero de 1 a 3 a que los sacos polínicos maduraran tomándoseles con pinzas entomológicas y se frotaron al estigma de la misma flor, siguiéndose el mismo procedimiento para cada una de ellas. Una vez maduras las cápsulas se realizaron conteos del número de semillas por cápsula y se procedió a realizar la aplicación de la prueba de 2, 3, 5 trifenil tetrazolium cloruro (tetrazolio), así como los tratamientos de: escarificación, preenfriamiento, presecado, humedad constante y remojo en agua caliente.

4.2 Prueba de tetrazolio

Se formaron 3 lotes de los cuales se distribuyeron de la siguiente forma:

I.- Semillas obtenidas en Agosto de 1991, almacenadas en seco a temperatura ambiente; 12 meses después se les aplicó la prueba de tetrazolio formándose 3 repeticiones de 25 semillas cada uno.

II.- Semillas colectadas en Agosto de 1991 y almacenadas a una temperatura de 5°C en un refrigerador marca Nieto, aplicándose la prueba de tetrazolio en Agosto de 1992 en la cual se utilizaron tres repeticiones con 15 semillas cada una.

III.- Semillas colectadas en Agosto de 1992, disponiéndose de la siguiente forma:

a) Semillas sin almacenar, tres repeticiones con 25 semillas cada una, se les aplicó la prueba de tetrazolio en el mismo mes.

b) Semillas almacenadas en seco y semillas almacenadas a 5°C durante tres meses, en las cuales se utilizaron 25 semillas con tres repeticiones para cada tipo de almacenamiento, aplicándose la prueba de tetrazolio.

El tratamiento de las semillas fue el siguiente, de acuerdo con Moreno (1984). Las semillas permanecieron en agua fría toda la noche, posteriormente se partieron a la mitad con una navaja, depositándose en cajas Petri con agua para evitar la desecación de las mismas. Una vez que se han cortado todas las semillas, se decanta el agua y se agrega la solución de tetrazolio al 1%; inmediatamente se colocaron en la estufa, a una temperatura de 32°C durante 2 hr. Al final de este período se decanta la solución. Después de lavar con agua las semillas tratadas se procedió a su valoración, observándose en el microscopio estereoscópico (Yacubson, 1981).

4.3 Prueba de germinación

Los tratamientos se colocaron en una cámara de germinación, (Ver Apéndice, Fig. 7), durante un período de 30 días, registrándose la temperatura máxima y mínima diariamente (termómetro de máxima y mínima marca Taylor), con un fotoperíodo de 12 hr. luz y 12 hr. oscuridad (Niño, 1988).

Las semillas de lirio fueron observadas en un microscopio estereoscópico (marca Stereo Star zoom American optical 0.7X a 4.2X AO 570), extrayéndose así las de mejor apariencia, esto es de tamaño grande y llenas según el criterio de Hartman (1985), no se tomó en cuenta la coloración de las semillas, y azarosamente se formaron los lotes de experimentación con 50 semillas cada uno y cinco repeticiones por tratamiento distribuyéndolas de la siguiente manera:

I.- CONTROL

Se desinfectaron las semillas con hipoclorito de sodio al 2% por 4 min. enjuagándose con agua destilada y colocándolas en cajas Petri, de 47 mm previamente esterilizadas con un substrato de cuatro capas de papel filtro (marca Whatman 42 Ashless), posteriormente se sometieron al período de germinación humedeciéndose conforme lo necesitaron, con agua destilada.

II.- CONSTANTE HUMEDAD

Se colocaron las semillas previamente desinfectadas en frascos estériles con rosca, de 250 ml, con agua destilada y bien tapados. Depositándose cerca de una ventana, durante 7 días (Crocker, 1907⁸) y sembrándolos en las cajas Petri en el momento de la prueba de germinación.

III.- ESCARIFICACION

Una vez desinfectadas las semillas se frotaron con una lija de agua del N° 30 ocasionándoles aberturas laterales en la cubierta externa y sin dañar al embrión se sembraron en las cajas Petri para el período de germinación.

IV.- PREENFRIAMIENTO

Desinfectadas las semillas se colocaron en las cajas Petri, humedeciendo el papel filtro con agua destilada y se colocaron en un refrigerador marca Nieto a 5°C durante 7 días. Este período de enfriamiento no se tomó en cuenta dentro del período de germinación.

V.- PRESECADO

Las semillas previamente desinfectadas se incluyeron en sobres de papel, colocándose en la estufa, durante 7 días, a una temperatura de 30°C; una vez sembradas en las cajas Petri se siguió el resto del procedimiento.

VI.- REMOJO EN AGUA CALIENTE

Desinfectadas las semillas se colocaron en las cajas Petri con agua destilada dentro de una estufa a una temperatura de 30°C por 7 días, y procediéndose con la prueba normal de germinación.

Se hicieron observaciones diarias a partir de la fecha de siembra.

⁸ Crocker, 1907. citado por Obeid y Tag el Seed, 1976

4.4 Evaluación de la Prueba de tetrazolio

PORCENTAJE DE VIABILIDAD:

$$Pv = \frac{\text{Núm. semillas viables}}{\text{Núm. semillas utilizadas}} \times 100$$

4.4.1 Criterio de la prueba de tetrazolio

Se consideraron semillas viables a, las que presentaron una tinción completa en el embrión, también a las que en su parte apical presentaron hasta un 75% de coloración. Fig. 8

4.5 Evaluación de la prueba de germinación

PORCENTAJE DE GERMINACION:

$$Pg = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas sembradas}} \times 100$$

VELOCIDAD DE GERMINACION:

$$Vg = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{tiempo (días transcurridos)}}$$

CAPACIDAD GERMINATIVO:

$$Cg = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{tiempo final de la prueba}} \times 100$$

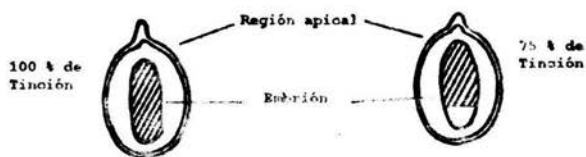
4.5.1 Criterio de germinación

Semillas consideradas germinadas a) hipócotilo con meristemo radical distinguiéndose por su forma en cono con pelos radiculares "1" (Fig. 9) y b) embriones con color verde y constante incremento de su tamaño "2" (fig. 9).

Al final de la prueba de germinación se les aplicó la prueba de tetrazolio a las semillas que no se embebieron, es decir semillas que no cambiaron en volumen ni se ablandaron, conociéndose como semillas duras o impermeables (Hartmann y Kester, 1971⁷; Nikolaeva, 1969⁷).

⁷ Autores citados por Camacho, 1987

Fig. 8 Criterio de tinción de la prueba de Tetrazolio en semillas de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.



■ Tinción de tetrazolio

Fig. 9 Criterio de Germinación en semillas de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.



1.- Meristemo radicial y pelos radiculares

2.- Embrión expulzado las semillas de color verde y en constante crecimiento.

5 RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Descripción morfológica

Las semillas de Eichhornia crassipes utilizadas para este trabajo correspondieron a la descripción hecha por Penfound y Earle, (1948); Holm et al., (1977); Mitchell, (1978²); Olvera, (1988). Semillas oblonga-elipsoide con costillas longitudinales, ver Tabla 1.

El número promedio de semillas por cápsulas registradas fue de 50, esto coincide con lo reportado por Penfound y Earle, (1948).

Así mismo se recolectaron un total de 6000 semillas colectadas en el evaporimetro (1.22 m de diametro). Distribuidas en 98 cápsulas, encontrando desde una semilla por cápsula hasta 164.

Para el ciclo de vida del lirio acuático se propone una modificación, al presentado por Olvera en 1989. Ya que existen fases de germinación que no se encuentran contempladas y que son importantes como parte del ciclo sexual de la planta, para el caso de México.

En la actualidad no se han observado en campo estos estadios, sólo en laboratorio. Sin embargo es muy probable que estos eventos se presenten frecuentemente (fig. 10).

2 Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989;

TABLA 1. Descripción de la semilla del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Fuente: Penfound y Earle, (1948); Holm *et al.*, (1977); Mitchell, (1978); Olvera, (1988).

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Forma	Oblonga-elipsoide con un extremo truncado con una depresión circular de color oscuro (región calazal) el otro extremo micronado (región-micropilar)
Cubierta	Esclerosada o endurecida
Endospermo	Almidonoso y abundante
Embrión	Central o lineal
Color	De grisáceo hasta oscuro
Tamaño	De 1.4 mm de largo y de 0.5-0.8 mm de ancho
Peso	De 0.0008 - 0.01 gr

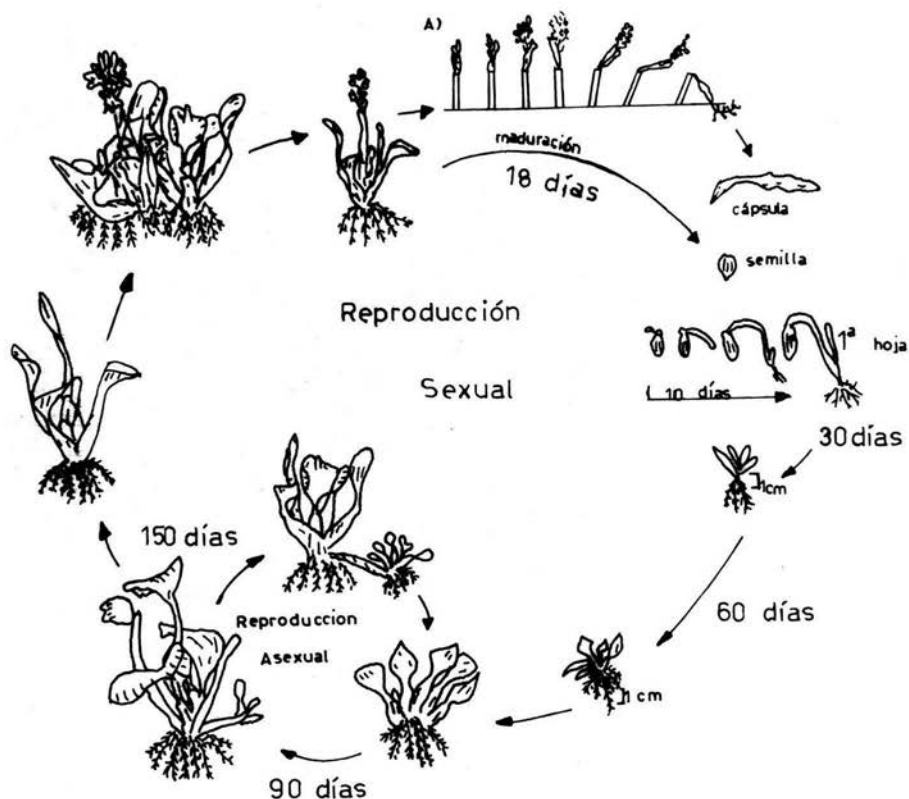


Fig. 10 Ciclo de vida del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Modificación al de Olvera 1989.) A) Ciclo antocinético que incluye fases de floración y doblez Fuente Penfound y Earle, 1948; Holm et al, 1977; Gopal, 1987.

Con respecto a la prueba de tetrazolio y de germinación se analizaron por separado.

5.2 Prueba de tetrazolio

Para la interpretación de esta prueba en semillas de E. crassipes se consideró a la tinción intensa y completa del embrión como semillas viables así como aquellas que presentan hasta en un 75% de coloración en su región apical (Fig. 11).

En cuanto a los resultados obtenidos de la prueba de tetrazolio en las semillas de E. crassipes encontramos que para un período de 12 meses se registró un 20% de viabilidad en semillas almacenadas en seco y un 33% en semillas almacenadas a 5°C, en cuanto al porcentaje obtenido para semillas recién recolectadas (frescas) de 1992, se observó un 85% de viabilidad (Fig. 12).

En el caso de semillas recolectadas en Agosto de 1992 y almacenadas durante tres meses a 5°C se registró un 8% de semillas viables y las almacenadas en seco su porcentaje fue cero (Fig. 13)

En cuanto a los resultados obtenidos de la prueba de tetrazolio en las semillas de Eichhornia crassipes encontramos, que para un período de 12 meses se registro un 20% de viabilidad en semillas almacenadas en seco y un 33% en semillas almacenadas a 5°C, en cuanto al porcentaje obtenido para semillas recién colectadas (frescas) de 1992, se observo un 85% de viabilidad (Fig. 12).

La prueba de tetrazolio refleja la viabilidad en las semillas de E. crassipes por 12 meses y durante este período la viabilidad desciende a más de un 80% en semillas recolectadas en 1991 y en el caso de las obtenidas en 1992 la viabilidad descendió a más del 90%. (Fig. 12 y 13 respectivamente).

La diferencia de tiempo y porcentaje es una respuesta de la diversidad de las semillas del lirio acuático. Ya que no todas las semillas germinan a un mismo tiempo y de igual forma el tiempo que pueden permanecer viables varia considerablemente.

Sin embargo, la aplicación de la prueba de tetrazolio para el caso de semillas de lirio acuático, no es muy confiable ya que no refleja la situación real de las semillas, esto se pudo comprobar con base en pruebas de germinación cualitativas, que se describen en la prueba de germinación.

Por otra parte las características morfológicas de la semilla corresponden al tipo ortodoxa, que corresponden a semillas que se

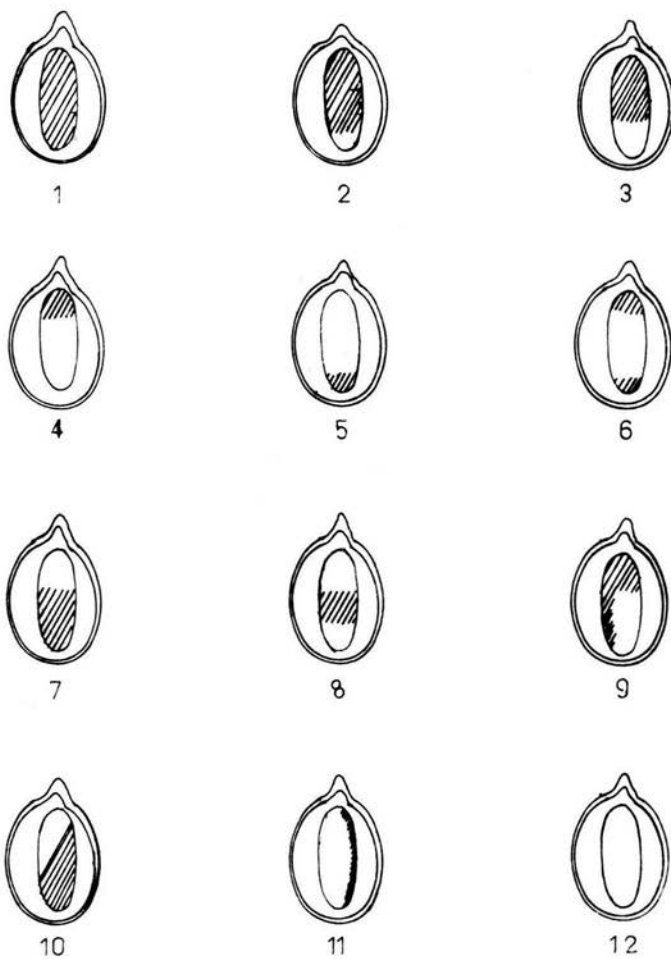


Fig.11 Interpretación de la prueba de tetrazolio (prueba topografica) para Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.

▨ Coloración del tetrazolio

Del Num. 1 al 3 Embriones viables

Del Num. 4 al 12 Embriones no viables

FIG. 12. PORCENTAJES DE VIABILIDAD CON TETRAZOLIO EN 2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO PARA SEMILLAS DE LIRIO ACUATICO
% De Viabilidad

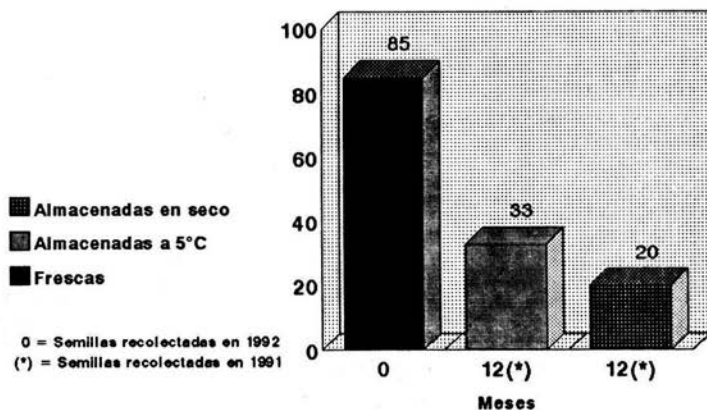
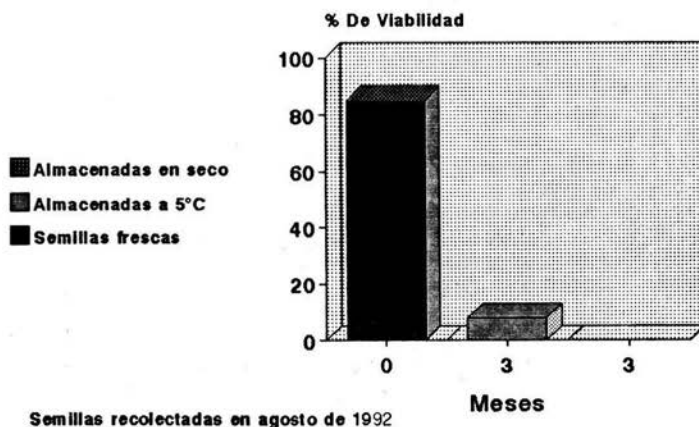


FIG. 13. PORCENTAJE DE VIABILIDAD EN SEMILLAS DEL LIRIO ACUATICO ALMACENADAS EN SECO Y A 5°C



conservan viables por períodos largos. De tal forma que nuevamente no corresponden los resultados de la prueba de tetrazolio con las características de la semilla.

Es importante destacar que la prueba de tetrazolio refleja la viabilidad de las semillas en el momento que esta entra en contacto con las reacciones respiratorias que se han activado y que hacen posible la tinción, por lo tanto cabe señalar que ésta prueba es buena en el caso de semillas con niveles altos de respiración.

Así mismo podemos inferir que las semillas del lirio acuático presentan una tasa respiratoria baja, la cual hace que la tinción no se efectúe en la mayor parte del embrión. Por otra parte la falta de tinción del embrión pudo deberse a daños mecánicos ocasionados en el momento de seccionarlas para el proceso de tinción.

5.3 Prueba de germinación

Durante la prueba de germinación se registraron temperaturas máximas y mínimas diariamente, la mínima fue de 21°C y la máxima de 34°C, manteniéndose a lo largo del experimento entre 28°C \pm 7°C (Fig. 14).

En cuanto a la emergencia del hipocótilo se presentó en dos formas (Fig. 15), siendo la forma más común de salida del embrión en la región micronado o apical y la menos frecuente por la región lateral de la semilla.

A pesar de que son dos formas de emerger su proceso de diferenciación es el mismo. Inicia con la salida del hipocótilo posteriormente éste se diferencia en un meristemo radical en forma de cono, en su parte apical emergen los pelos radiculares, este cono se ensancha en su parte basal, que ha su vez pertenece a la parte proximal del origen de salida y es aquí en este engrosamiento donde se inicia la diferenciación de la primera hoja (Fig. 15). Con respecto al tamaño de las estructuras, se ha observado que varían ampliamente dependiendo si se encuentran entre las raíces de la planta o en las cajas petri, siendo más pequeñas en este último, que en las observadas en el tapete de las plantas*, esto se debe a la poca penetración de la luz, lo que provoca que sean más largas.

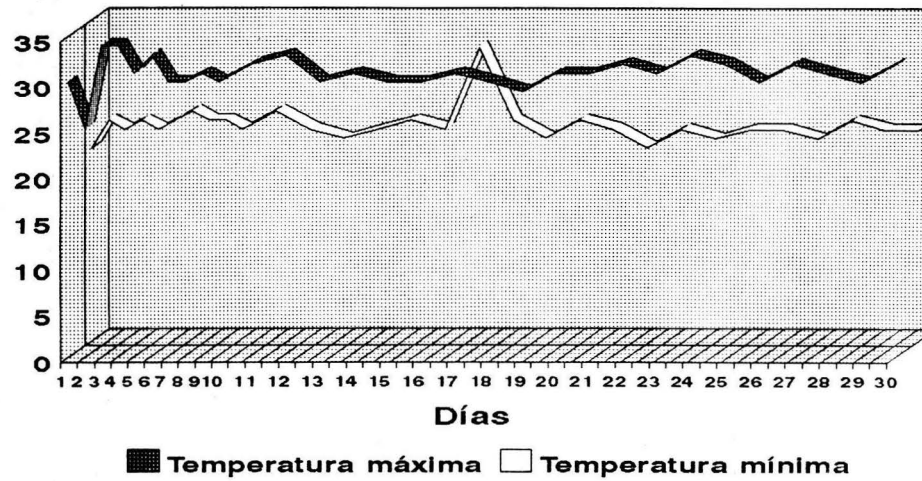
En el rompimiento lateral, se llevan acabo de igual forma los eventos a pesar de que no son fáciles de observarse como en el rompimiento apical; cuando el incremento ya es demasiado se expulsa automáticamente en busca de espacio (Fig. 15, Rompimiento lateral). Con respecto al tiempo que tarda en salir la primera hoja fue de 4 a 5 días, después de haber comenzado el proceso de germinación (rompimiento de la cubierta y emergencia del hipocótilo), pero este tiempo es relativo porque en observaciones previas a este trabajo se registraron hasta en 162 días, según en las condiciones en las que se encuentren. Gopal (1987) lo reporta para un período menor a 10 días.

Con respecto a los tratamientos se observó que sólo germinaron las semillas que fueron tratadas con escarificación. Tabla 2.

* Observaciones en el evaporímetro en donde se mantuvieron las plantas de lirio acuático.

FIG. 14. TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA DURANTE LA PRUEBA DE GERMINACION

° C Temperatura



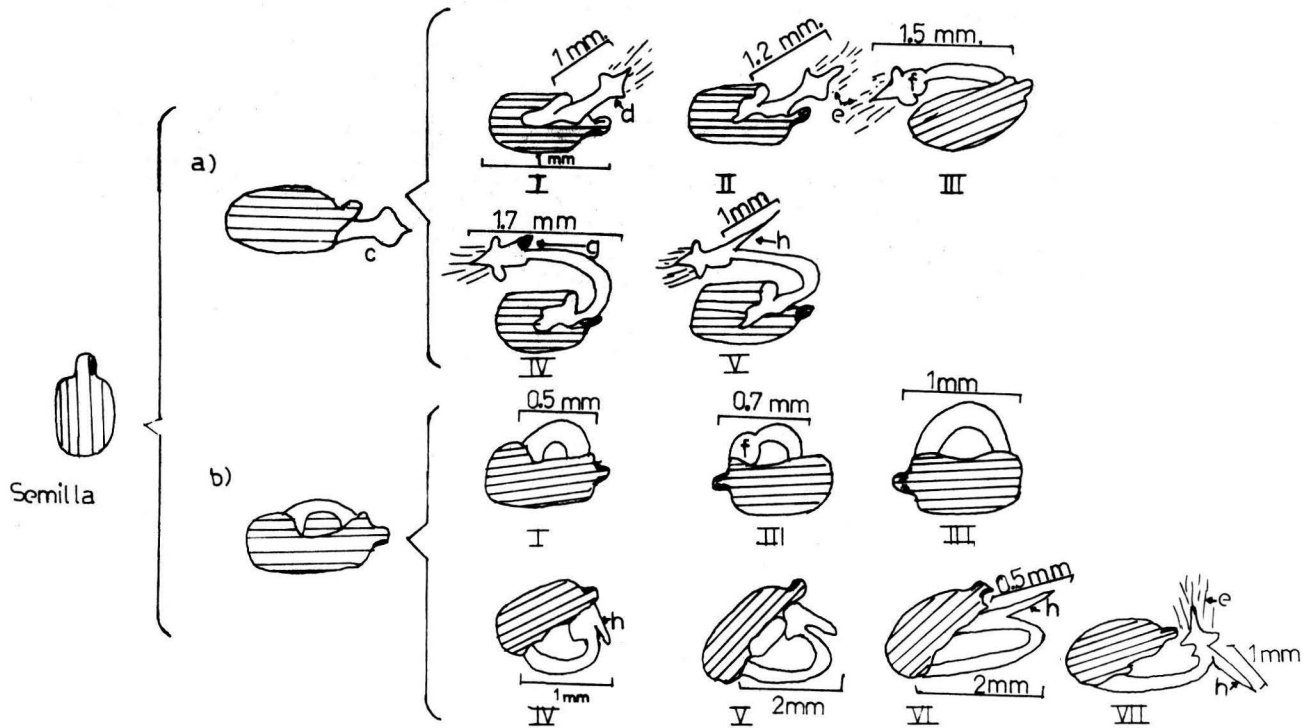


Fig.15 Fases de crecimiento de semillas de *E. crassipes* a) Ruptura apical b) Ruptura lateral
 c) Hipocótilo d) Meristemo apical e) Pelos radicales f) Engrosamiento del meristemo g) Brote de la primera hoja h) Primera hoja.

TABLA 2. Tratamientos utilizados en la prueba de germinación.

TRATAMIENTO	GERMINACION
Control	-
Humedad constante	-
Escarificación	+
Preenfriamiento	-
Presecado	-
Remojo en agua caliente	-

La respuesta de germinación en el tratamiento de escarificación en las semillas del lirio acuático fue debido a las perforaciones hechas a la cubierta, facilitándose así la entrada de agua y oxígeno, como algunos de los elementos importantes para que se lleve a cabo la germinación.

La velocidad promedio de germinación más alta fue de 0.388, registrándose en el cuarto día (Fig. 16), posteriormente esta velocidad desciende presentándose germinaciones posteriores pero no con la misma intensidad que en un inicio. La diferencia de velocidad de germinación se debe principalmente a la variabilidad de la semilla.

Así mismo las condiciones ambientales juegan un papel importante en la activación del proceso de germinación, los elementos considerados esenciales son: humedad, temperatura en un ámbito mayor a 23°C, luz (este elemento fue determinado en pruebas preliminares). Por lo que los factores físicos y bióticos favorecen la germinación, estos también fueron considerados importantes por Robertson y Thein, 1932⁹; Parija, 1934⁹; Penfound y Earle, 1948; Hitchcock, 1949⁹; Barton y Hotckiss, 1951; Haigh, 1962⁹; Jaime y Chapa, 1976; Tang el Seed, 1976; Holm, 1977; Mitchell, 1978⁹

En cuanto al porcentaje máximo de germinación se presentó al cuarto día, posteriormente este descendió hasta llegar a un 3.33% (Fig. 17).

Con respecto a la prueba de tetrazolio y la de germinación no se observaron diferencias.

La capacidad germinativa fue de 7.8%.

Al observar las gráficas de velocidad y porcentaje de germinación, los valores máximo de éstas coinciden con los días en los cuales se registraron las temperaturas más calidas (Fig. 16, 17 y 14 respectivamente). De tal forma que podemos deducir que la presencia de temperaturas mayores de 23°C favorecen la germinación de las semillas de *E. crassipes*. Esto coincide con lo reportado por Holm 1977; Mitchell, 1978²; Haigh, 1936⁹; Hitchcock, *et al.*, 1949⁹; Jaime y Chapa 1976; Barton y Hotckiss, 1951⁹, al mencionar que la temperatura es un elemento importante para la germinación de esta especie.

2 Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989;

9 Autores citados por Obeid y Tag el Seed, 1976

FIG. 16. VELOCIDAD PROMEDIO DE GERMINACION PARA EL TRATAMIENTO DE ESCARIFICACION

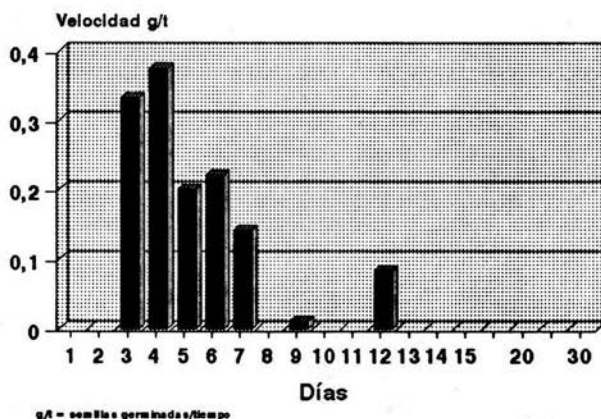
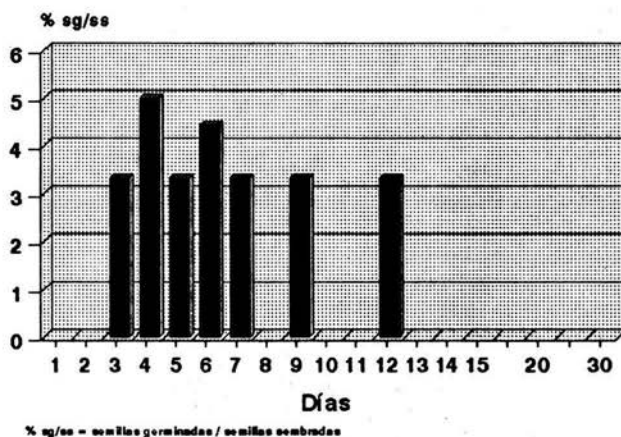


FIG. 17. PORCENTAJE PROMEDIO DE GERMINACION DIARIA EN EL TRATAMIENTO DE ESCARIFICACION



Como parte de la corroboración de la prueba de germinación se hicieron pruebas cualitativas, usándose semillas del mismo lote que las que se usaron para las pruebas de tetrazolio y de germinación (Fig. 5).

Se colocaron semillas de lirio acuático cerca de un ventanal, en una caja Petri de 47 mm, en constante humedad donde recibían luz (con la misma intensidad) cambios de temperatura. Estos factores estimularon la germinación de las semillas sin ningún problema, registrándose un 49.9% de germinación y el resto de las semillas permanecieron duras posiblemente en estado latente. Por lo tanto podemos afirmar que las semillas del lirio acuático son potenciales para germinar en los diferentes cuerpos de agua en donde se presenten estas condiciones. Así mismo la presencia de los factores físicos y bióticos que además de debilitar la cubierta de las semillas ayudan a que se presente el proceso de germinación. Esto coincide con lo mencionado por Robertson y Thein, 1932⁹; Parija 1932⁹; Penfound y Earle, 1948; Hitchcock *et al.*, 1949⁹; Barton y Hotchkiss, 1951; Haigh, 1936⁹; Jaime y Chapa, 1976; Tag el Seed, 1976; Holm, 1977; Mitchell, 1978².

Así mismo, se realizó una prueba de germinación con semillas almacenadas en seco por cuatro meses, pretratadas con escarificación, manteniéndolas a una temperatura de $26^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, con un fotoperíodo de 12 hr. luz y 12 hr. oscuridad, humedeciéndolas conforme lo necesitaban, obteniéndose un 40% de germinación. Este porcentaje es bueno en comparación al obtenido para la prueba de germinación a nivel cuantitativo, que fue de 5% (ver Figura 17, esta respuesta se atribuye a la diferencia de temperaturas que se presentaron en cada prueba, por lo que se puede afirmar que las temperaturas cálidas mayores de 23°C favorecen la germinación en las semillas del lirio acuático. Esto coincide con lo mencionado por Penfound y Earle, 1948; Haigh, 1936⁹; Jaime y Chapa, 1976.

Como podemos observar los resultados cualitativos nos reflejan porcentajes de casi un 50% de semillas vivas que germinaron cuatro meses después de que se le aplicó la prueba de tetrazolio y de que ésta determinará que no eran viables por lo que concluimos que la prueba de tetrazolio no es recomendable para este tipo de semillas por lo que se mencionó anteriormente.

La presencia de las semillas del lirio acuático en los cuerpos de agua epicontinentales, es una fuente de reinfestación, como lo menciona Barrett (1989) y Niño(1988). Principalmente en

2 Mitchell, 1978. citado por Olvera, 1989;
9 Autores citados por Obeid y Tag el Seed, 1976

lugares donde se presentan flores de estilo medio que son las que se autofecundan en condiciones naturales como lo señala Lallana y Martha (1980), así mismo es más probable que las plantas que habitan lugares cálidos de nuestro país, se presente las condiciones necesarias para germinar siendo más probable que en estos lugares (Tabla 3).

Por lo tanto se debe tomar en cuenta el aporte de plantulas por semilla, que a pesar de no ser tan significativo como lo es el proceso vegetativo de la especie, no deja de ser importante, principalmente en los lugares que se ha aplicado algún mecanismo de control para la especie.

Debe considerarse que año con año existe una gran aportación de semillas de lirio acuático en los cuerpos de agua, las cuales permanecen en estado latente, esperando sólo las condiciones necesarias para crecer y desarrollarse hasta una planta adulta.

TABLA 3 Elementos que favorecen la germinación de la semilla de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms. Fuente: Hitchcock et al., 1949; Barton y Hotckiss, 1951; Haig, 1963; Jaime y Chapa 1976; Obeid y Tag el Seed 1976; Holm, 1977; Mitchell 1978.

ELEMENTOS	DESCRIPCION	ELEMENTOS PRESENTES EN LA PRUEBA DE GERMINACION
Temperatura	23 - 30°C	+
Luz	Fotoperiodo	+
Agua	Constante humedad	+
pH	7	+
Tratamiento	Mecánico o químico (principalmente que desgaste la cubierta de la semilla)	+
Profundidad	Mínima de 3 cm	+
Substrato	Rica en materia orgánica	-

6 CONCLUSIONES

Las semillas del lirio acuático son muy semejantes, por lo tanto no fue posible distinguirlas morfológicamente como semillas: viables, no viables o latentes, desde ese punto de vista

El método de recolecta utilizado para las semillas de E. crassipes, es adecuado, debido a que se tiene un buen control de las cápsulas con semillas.

Se recolectaron un total de 6000 semillas en las condiciones utilizadas, por lo tanto anualmente se llegan a producir grandes cantidades, las cuales permanecen en los cuerpos de agua como una fuente importante de reinfectación de dichos lugares.

Se dedujo de la prueba de tetrazolio y de germinación que los niveles de respiración de la semilla de E. crassipes son bajos, dándole mayor resistencia a la semilla en el almacenaje sin dañar sus estructuras celulares y por lo tanto poder permanecer más tiempo en el ambiente sin perder su viabilidad.

Se obtuvo germinación en los tratamientos de:

I) Escarificación

La respuesta se atribuye principalmente a los daños ocasionados a la cubierta, así mismo a la temperatura y fotoperiodo al que fueron expuestos.

II) Humedad constante (prueba cualitativa).

Su germinación fue debido a los cambios de temperatura e intensidad luminosa a la intemperie, debilitándose así la cubierta de la semilla.

III) Secado (prueba cualitativa).

Para las semillas que permanecieron almacenadas en seco durante cuatro meses, y que se escarificaron para aplicarles la prueba de germinación, se infiere que germinaron debido a que eran viables y que las condiciones de luz, agua, temperatura fueron adecuadas para tal proceso.

Las semillas producidas son viables en un 50 % pudiendo germinar en cuanto se debilite la cubierta al permitir la entrada de agua y oxígeno, además de que los elementos de luz, humedad temperatura sean adecuados para que dicho proceso ocurra. Así mismo, se infiere que el resto de las semillas permanece en estado latente.

Los valores máximos de velocidad germinativa y porcentaje de germinación coinciden con los días en los cuales se registraron las temperaturas más altas.

Las semillas de Eichhornia crassipes pueden germinar con los siguientes elementos:

- a) Temperatura en un ámbito de 23°C a 30°C.
- b) Humedad del 100% (semillas embebidas en agua).
- c) Luz (fotoperiodo de 12 hr. luz y 12 hr. oscuridad).

Por otra parte las semillas que permanecen en constante humedad (imbibición en agua) y con los elementos antes mencionados también pueden germinar.

El desgaste de la cubierta de la semillas favorece el proceso de germinación.

Las pruebas cualitativas de secado y humedad constante mostraron que las semillas permanecieron en estado latente, germinando en el momento que se presentaron las condiciones o elementos necesarios para que se indujera la germinación.

7 RECOMENDACIONES

En la actualidad es importante contar con técnicas de control de las plantas del lirio acuático con el fin de evitar que se produzcan flores y semillas reduciendo así la posibilidad de recolonización de cuerpos de agua. Luu y Kurt (1988) mencionan que para tener un control de la planta es importante identificar el punto de almacenamiento de las reservas energéticas de los carbohidratos. Para el caso del lirio acuático se refieren al estolon, la energía será utilizada en su mayor parte para la reproducción y al interrumpir la traslocación de dichos compuestos se evitará así la reproducción de la planta sexual o asexualmente.

Así mismo la realización de pruebas de germinación con los herbicidas empleados para el control de la planta podrían evaluarse para ver si afecta o no en dicho proceso.

8 BIBLIOGRAFIA

- Aurea, G. (1991) La dispersión de las semillas. Ciencias Núm. pg. 3 - 6.
- Barrett H.C.S. (1989) Waterweed invasions scientific American Vo. 261 (4) 66-73
- Barrett H.C.S. (1980a) Sexual reproduction in Eichhornia crassipes (Walter Hyacinth) I. Fertility of clones from diverse regions Journal of Applied Ecology (17) 101-112.
- Barrett H.C.S. (1980b) Sexual reproduction in Eichhornia crassipes (Walter Hyacinth) II. Seed production in Natural populations Journal of Applied Ecology (17) 113-124
- Barton V. y Hotckiss E. (1951) Germinación de semillas de E. crassipes Solms. Boyce Thompson Institute Plant Research Inc. V.16 pg 215-220
- Besnier R.F. (1989) Semillas Biología y Tecnología Edit. Mundi-Prensa Madrid pp.
- Bravo I.L., Gutiérrez L.E., Sánchez C.J., Olvera V.V. y Díaz Z.G (1991). Programa de control mecánico del Lirio acuático. IMTA, CNA, SARH. Informe técnico. México. 64 pp.
- Camacho M. F. (1985) Formato y recomendaciones para evaluar germinación Publ. Esp. 48 INIF. SARH México.
- Camacho M. F. (1987) Dormición de semillas aspectos generales y tratamientos para eliminarla. tesis UACH (Univercidad Autónoma de Chapingo)
- Carta Edafologíaca E 14 A 19 1:50 000
- Consejo Nacional Para la Enseñanza de la Biología "CNEB" (1976) Biología interacción de experimentos e ideas Edit. Limusa pg. 211-234.
- Contreras, M.J.R, y Colaboradores (1982) Inventario nacional de malezas acuáticas y su distribución INIF, SARH. publicación especial México. p. 48.
- Contreras, M.J.R, y Carlos H. G, (1983) Control y aprovechamiento de malezas acuáticas S.A.R.H. México. pp 9

- Correa V.J., (1990) El proceso de la germinación. Corporación Nacional de investigación y fomento forestal "CONIF" serie documentación Colombia. (18) pg. 95-100.
- De la Campa y Guzmán (1963) El lirio acuático su control y combate secretaria de industria y comercio dirección general de pesca. Departamento de Estudios Biológicos Pesqueros Series Trabajos de Dibulgación Núm. 69 Vol 7 México.
- Díaz Z. G. (1989) Infestación y problemas del lirio en ecosistemas acuáticos Instituto Mexicano de tecnología del agua "IMTA". (17): 43 - 49.
- Duffus C. y Slaughter C. (1985) Las semillas y sus usos Edit. AGT EDITOR S.A.
- Ellion W, Ralph C. y Barbour G. (1989) Botanica Edit. Limusa México. 309 - 337
- García A. (1991) La dispersión de las semillas Ciencias No.24 Pg 3-6
- González N. (1989) Contribución al conocimiento fitoquímico del Lirio Acuático Eichhornia crassipes (Mart) Solms Tesis Biólogo UNAM ENEPI. pg
- Gopal B. (1987) Water Hyacinth Edit. Elsevier New York. 455 pp.
- Greulach. V.A. (1973) Plant function and structure Macmillan Pu. Co. Nueva York. pg 479.
- Gutiérrez L. E. (1989) Técnicas de evaluación del lirio acuático densidad, cobertura y crecimiento Instituto Mexicano de Tecnología del Agua "IMTA". (17):79-100.
- Guzzy F, (1989) Técnicas para control de las malezas acuáticas Ingeniería Hidráulica en México pp 9
- Hartman T.H. y Kester E.D. (1986) Propagación de plantas principios y practicas Edit. Continental México. 456 pp.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua "IMTA" (1989) Control y aprovechamiento del lirio acuático en México CNA IMTA. Cordinacion de Investigacion Serie Divulgacion 17

- Jaime G. A. y Chapa S. H. (1976) El lirio acuático en México problemas y soluciones. Edit. El Campo Méx.
- Klingman C.G. y Ashton M.F. (1980). Estudio de las plantas nocivas Edit. Limusa México pg 44-47, 410.
- Lallana V.H y Marta M.C. (1980) Biología floral de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms. En el río Paraná Medio Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral Núm. 11 p 73-81 Argentina.
- Lallana V.H. (1987) Evaluación de la fructificación en Eichhornia crassipes (Mart.) Solms Laubach ("camalote") Bol. Asoc. Cienc. Nat. Litoral vol 7(1):5 - 10
- Marzocca A. (1976). Manual de malezas Edit. Hemisferio sur 3ª Edición Argentina. pg. 5, 24.
- Moreno M. (1984) Análisis físico y biológico de semillas agrícolas Instituto de Biología UNAM México 383 pp.
- Montes G. (1990) Causas bioquímicas del bajo poder germinativo de semillas. Corporación Nacional de investigación y fomento forestal "CONIF" Colombia (18) 109-110.
- Murray R. (1984) Seed physiology Vol 2 Germination and reserve mobilization Edit. Academic Press Australia.
- National Academy of sciences." NAS". (1990) Plantas nocivas y como combatirlas Edit. Limusa México Vol.2 25-36; 392-394.
- Niembreo A. (1990) La composición química de las semillas y su efecto en su conservación. Corporación Nacional de investigación y fomento forestal "CONIF" Colombia (18) 111-118.
- Niño S. (1988) Antecedentes sobre el aprovechamiento del Lirio acuático. Primer seminario taller del control y el aprovechamiento del Lirio Acuático del 18 al 20 de Enero. Cuernavaca. Mor. IMTA SARH.
- Obeid M. y Tag el Seed (1976) Factors affecting dormancy and germination of seeds of Eichhornia crassipes (Mart.) Solms from the Nile. Weed Research official Journal of the European Weed Research Society vol.16(2) 71 - 80.

- Olvera G. M. (1988) Manual de identificación de plantas vasculares acuáticas del Valle de México. Tesis Biólogo UNAM FAC México D.F. 83p
- Olvera V.V. (1989) Biología y ecología del lirio acuático Eichhonia crassipes (Mart.) Solms IMTA, CNA. México p. 9-42.
- Penfound T. y Earle T. (1948) The biology of the water hyacinth Ecological monographs Vol(18) 44-472.
- Reyes C. P.C (1990) Diseño de experimentos aplicados 3ª Edición Edit. Trillas México 348 p.
- Rojas G. y Rovalo M. (1985) Fisiología vegetal Aplicada 3ª Edición. McGRAW-HILL México.
- Salisbury, F.B y Rooss, W.C (1978) Plant physiology Edit. Wadsworth Publishing company, Inc. Belmont, California pg 321 - 327.
- Sánchez S. (1979). La flora del Valle de México Edit. Herrero S.A. pg 3 - 5, 89, 90.
- Sánchez D. M. (1980). Prácticas de fisiología vegetal Edit. EUNSA Edición Experimental España Pg. 73, 76, 97, 100, 101, 104.
- Vázquez Y.C. (-) Longevidad de semillas: realidad y ficción Macpalxochitl 123. México. p. 9-11.
- Vázquez Y.C. (1990) Ecología y conservación de semillas. Ciencias especial 4 México. pg. 30-33.

9 APENDICE

Fig.6 Evaporimetro de fibra de vidrio.

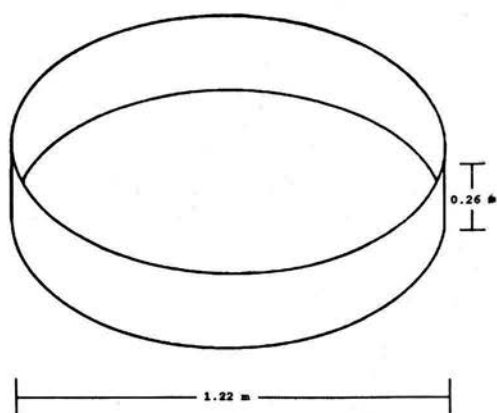
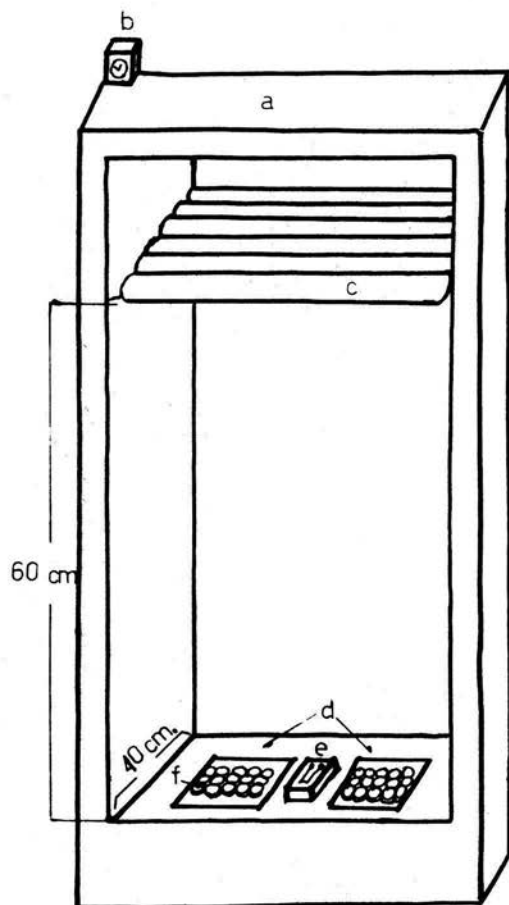


Fig 7 Camara de germinación



- a) Camara de germinación
- b) Tímer
- c) Lámparas fluorescentes
- d) Charolas
- e) Termómetro de máxi-
ma y mínima
- f) Cajas petri