



Universidad Nacional Autónoma de  
México

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

USOS POTENCIALES DEL LIRIO  
ACUATICO  
(Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)  
EN MEXICO

*T E S I S*

Que para obtener el Título de

Ingeniero Agrícola

presenta

Luis Alfredo Lozano Gradas

Director de Tesis

Ing. Alejandro Hulsz Piccone



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

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

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

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

## CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.	vi
I.- INTRODUCCION.	1.
II.- OBJETIVOS.	3.
III.- DESCRIPCION DEL LIRIO ACUATICO.	4.
3.1.- Origen del lirio acuático.	4.
3.2.- Biología.	5.
3.3.- Detección del lirio acuático mediante percepción remota.	10.
3.3.1.- Identificación del lirio acuático por percepción remota.	11.
IV.- METODOS DE CONTROL DESARROLLADOS EN LIRIO ACUATICO.	12.
4.1.- Clasificación de las malezas acuáticas.	12.
4.2.- Problemas que ocasionan las malezas acuáticas.	13.
4.2.1.- Algas y malezas acuáticas sumergidas.	15.
4.2.2.- Plantas acuáticas flotantes.	15.
4.2.3.- Plantas acuáticas emergentes y marginales.	16.
4.2.4.- Vegetación terrestre de los bordos de canales y drenes.	16.
4.3.- Control Físico.	17.
4.3.1.- Temperatura.	17.
4.3.2.- Fuego.	18.
4.4.- Control Mecánico.	19.
4.4.1.- Uso de cadenas.	19.
4.4.2.- Extracción Manual.	20.

4.4.3.- Cosechadores mecánicos que se han desarrollado en la NASA (National Aeronautics and Space Administration).	21.
4.4.3.1.- Cosechador-Cortador-Transportador (Chooper-Conveyor-Harvester).	21.
4.4.3.2.- Cosechador-Transportador-Simple (Single-Conveyor-Harvester).	21.
4.4.3.3.- "Draga Modificada" (Modified Clamshell Bucket).	22.
4.4.4.- Cosechadora mecánica desarrollada en México.	23.
4.5.- Control Químico.	26.
4.5.1.- Precauciones en la aplicación de herbicidas sobre las malezas.	26.
4.5.2.- Clasificación de los herbicidas.	28.
4.5.3.- Aspectos fisiológicos de la acción de los herbicidas sobre las malezas.	29.
4.5.3.1.- Penetración del herbicida.	30.
4.5.3.2.- Traslocación de los herbicidas.	31.
4.5.3.3.- Acción del herbicida.	31.
4.5.4.- Herbicidas utilizados para el control del lirio acuático.	32.
4.5.4.1.- 2,4-D	34.
4.5.4.2.- Diquat.	36.
4.5.4.3.- Paraquat.	38.

	Pág.
4.5.4.4.- Silvex.	39.
4.6.- Control Biológico.	42.
4.6.1.- Procedimiento para el establecimiento del control biológico en lirio acuático.	44.
4.6.2.- Utilización de peces herbívoros para el control de lirio acuático.	45.
4.6.3.- Utilización de manatíes para el control de lirio acuático.	46.
4.6.4.- Otros animales que se alimentan de lirio acuático.	48.
4.6.5.- Insectos como agentes de control biológico para el lirio acuático.	48.
4.6.5.1.- Insectos específicos para el control de lirio acuático.	49.
4.6.6.- Utilización de hongos para el control de lirio acuático.	51.
4.7.- Control Integrado.	54.
V.- USOS POTENCIALES DEL LIRIO ACUÁTICO.	56.
5.1.- Producción de Biomasa.	56.
5.1.1.- ¿Porqué la utilización del lirio acuático?	60.
5.2.- Como complemento en la alimentación humana.	60.
5.2.- Como complemento en la alimentación animal.	65.
5.3.1.- El lirio acuático como forraje.	70.
5.3.1.1.- Aprovechamiento del lirio acuático al natural.	71.

	Pág.
5.3.1.2.- Aprovechamiento del lirio acuático deshidratado (harina de lirio).	71.
5.3.1.3.- Aprovechamiento del lirio acuático achicalado.	75.
5.3.1.4.- Aprovechamiento del lirio acuático fermentado (ensilado).	75.
5.3.1.5.- Aprovechamiento del lirio acuático en alimentos balanceados.	78.
5.4.- Como mejorador y/o acondicionador de suelos.	81.
5.4.1.- La materia orgánica en el suelo.	81.
5.4.2.- Importancia de la materia orgánica en el suelo.	83.
5.4.3.- El humus en el suelo.	84.
5.4.4.- Composta.	86.
5.4.5.- Degradación de la materia orgánica.	87.
5.4.6.- Investigaciones del lirio acuático como mejorador de suelos.	89.
5.5.- Fuente alterna para la fabricación de papel.	93.
5.5.1.- Aprovechamiento del lirio acuático para obtener material crudo y producir papel.	93.
5.5.2.- Parámetros de operación para obtener celulosa.	96.

	Pág.
5.5.2.1.- Condiciones de operación.	96.
5.5.2.2.- Pruebas físicas en la obtención de papel.	98.
5.6.- Elaboración de tableros aglomerados (sustituto de la madera).	100.
5.7.- Tratamiento de aguas residuales.	102.
5.8.- Obtención de energía (biogas).	105.
5.8.1.- Limitaciones para la producción de biogas.	106.
5.9.- Consideraciones para el aprovechamiento del lirio acuático.	109.
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	111.
VII.- BIBLIOGRAFIA.	115.

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		Pág.
1	Beneficios y Daños del crecimiento de malezas acuáticas.	14.
2	Eficiencia comparativa de los tres cosechadores para lirio acuático en lagos y canales.	22.
3	Cosechadoras mecánicas de lirio acuático.	25.
4	Tratamientos recomendados.	41.
5	Hongos asociados con lirio acuático.	53.
6	Ventajas y Desventajas de los diferentes métodos de control en lirio acuático.	55.
7	Producción de biomasa de lirio acuático en estanques fertilizados artificialmente.	59.
8	Diversas vitaminas y minerales evaluados en las hojas de lirio acuático.	61.
9	Recomendación en la dieta diaria de vitaminas y minerales comparado con el peso seco de las hojas del lirio acuático en crecimiento en aguas residuales domésticas.	62.
10	Aminoácidos presentes en las hojas y tallos de lirio acuático (Gramos/100 g) de peso seco.	63.
11	Aminoácidos en proteínas de granos, comparados con hojas de lirio acuático (peso seco).	64.
12	Características químicas del lirio acuático en la Presa Endho, Estado de Hidalgo.	66.

CUADRO	Pág.
13 Composición proximal de distintas muestras de lirio acuático (en base seca).	67.
14 Composición de las dietas experimentales.	72.
15 Raciones experimentales. Consumo de alimento por animal por día (Kg).	74.
16 Distribución de los componentes en los microsilos.	76.
17 Situación de los componentes dentro de los microsilos.	77.
18 Comparación de los nutrientes en los diferentes tratamientos.	78.
19 Compuestos orgánicos de los tejidos vegetales y cambios que sufren en el suelo.	82.
20 Elementos que pueden ser <sup>1</sup> removidos por el lirio acuático en un año (Kg/Ha).	91.
21 Fósforo absorbido en un año reportado por varios autores.	92.
22 Pruebas de control de calidad de bagazo de caña y lirio acuático.	99.
FIGURA	
1 Representación esquemática del lirio acuático.	9.
2 Estimación del peso húmedo/Ha del lirio acuático, basado en la longitud de la planta. La línea recta fué la apropiada por el análisis estadístico mínimo de cuadrados.	57.
3 Secuencia de elaboración del producto balanceado para rumiantes.	80.

<b>FIGURA</b>		<b>Pág.</b>
<b>4</b>	<b>Estanque de aguas residuales, y la absorción de elementos químicos por el lirio acuático.</b>	<b>103.</b>
<b>5</b>	<b>Diagrama de bloques de los pasos de una digestión anaerobia.</b>	<b>108.</b>
<b>6</b>	<b>Esquema de un sistema idealizado parcialmente cerrado del aprovechamiento del lirio acuático.</b>	<b>110.</b>

## I.- INTRODUCCION.

El lirio acuático Eichhornia crassipes (Mart.) Solms, ha encontrado en México las condiciones ecológicas propicias para su notable proliferación, por lo cual ha sido tipificado como una "plaga" debido a su marcado carácter invasor.

De una superficie total de 116 862 Ha de cuerpos de agua en México, aproximadamente el 40% que representa 45 000 Ha, se encuentran infestadas en mayor o menor grado por esta maleza (DGPOK, 1981).

En ambiente natural y condiciones favorables 10 plantas pueden multiplicarse hasta dar 600 000 reproducciones en solamente 8 meses, lo que explica que llegue a formar bancos sólidos e inmóviles, en los cuerpos de agua que se encuentra (Blanco, et. al., 1984).

La presencia de extensos tapetes móviles, no solo modifica la calidad y cantidad de agua, sino que su impacto trasciende a todos los niveles, desde los ecológicos y de salud pública, hasta los sociales, económicos y aún políticos. Con frecuencia se mencionan los efectos negativos inmediatos como la obstrucción del flujo de agua en los canales de irrigación, la dificultad de navegación, la destrucción y deterioro de puentes y presas (debido a la fuerte presión que ejerce la acumulación de plantas), notables alteraciones en la tasa de evaporación, la reducción en la penetración de la luz, el incremento de la turbiedad y acidez del agua; así como la modificación del balance de los principales gases disueltos, también favorece el desarrollo de organismos patógenos y vectores de enfermedades como la malaria, esquistosomiasis, fiebre amarilla,

etcétera, la pérdida de peces y otras formas de vida acuática (fitoplancton) que representan una fuente de proteínas o de ingresos de los núcleos de población asentados cerca de los cuerpos de agua. La alteración de las condiciones físico químicas normales se traduce finalmente en una pérdida del ecosistema acuícola.

El lirio acuático reduce los beneficios de la población al impedir la navegación desde el punto de vista comercial, deportivo o turístico.

Una característica notable del lirio acuático, se encuentra en el poder de absorción natural de diferentes elementos químicos como: nutrimentos, metales pesados (plomo, mercurio, arsénico, etcétera) y diferentes tóxicos como: DDT, DDD, nitratos, nitritos, oxalatos, cianuro, etcétera; de acuerdo al tipo y grado de contaminación del cuerpo de agua.

Estas características indeseables del lirio acuático ha llevado a un sector de opinión, que lo consideran una plaga nociva que debe erradicarse. Sin embargo esto no se ha logrado en ningún lugar del mundo. Es posible controlar su proliferación pero es muy difícil lograr su erradicación. Otro sector se inclina también por controlar su crecimiento, lo cual puede funcionar como solución parcial en ciertos lugares.

Un tercer grupo, lo ve más que como una plaga, como un recurso natural de alta velocidad de renovación, el cual se puede aprovechar para diferentes usos. No se debe ceder terreno y dejar que el problema se limite a aplicar medidas paliativas, se debe tomar una actitud firme y razozada y obtener el mejor provecho de ésta situación.

La transformación del lirio acuático de plaga a recurso, es una necesidad inaplazable, que se puede lograr a condición de crear las tec

nologías necesarias y redituables para su control y aprovechamiento.

## II.- OBJETIVOS.

- 1.- Realizar una breve descripción del lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.
- 2.- Determinar los métodos de control más adecuados para controlar la proliferación del lirio acuático.
- 3.- Proponer la transformación en un recurso natural aprovechable al lirio acuático actualmente considerado como una plaga.
- 4.- Considerar la utilización del lirio acuático, en la alimentación animal.
- 5.- Describir el aprovechamiento del lirio acuático como mejorador de suelos.
- 6.- Proponer alternativas para su mejor aprovechamiento.

### III.- DESCRIPCION DEL LIRIO ACUATICO.

#### 3.1.- Origen del lirio acuático.

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (lirio acuático), también llamado: "Jacinto", "Huachinango", "Cucharilla", "Aguape", "Water Hyacinth" y "Hyacinthe d'eau", es originario de América del Sur, probablemente de Brasil; y ya para 1880 había llegado a Norteamérica. Para 1950 se encontraba en Africa y para 1960 en Australia. Aunque no se sabe con exactitud cuando llegó esta planta a México, hay versiones que la sitúan ha principios de siglo. El hecho es que actualmente su presencia ha proliferado en casi todos los lugares de México donde hay cuerpos extensos de agua (Blanco, et. al., 1984).

El principal agente de infestación fué el hombre y los animales, los cuales llevaron el lirio acuático o sus partes reproductoras, frecuentemente inadvertidos o desconociendo el problema de infestación que pudiese originarse (González, 1976).

Los factores que resultaron favorables para el desarrollo del lirio acuático en los cuerpos de agua fueron las condiciones climáticas y geográficas junto con la fertilidad inducida (eutroficación) por la contaminación en los cuerpos de agua (González, 1976).

En México se conocen dos especies de lirio acuático; Eichhornia crassipes, que se encuentra en todo el país y Eichhornia azurera, que se desarrolla en los depósitos de agua de clima cálido (Vallejo, 1962).

### 3.2.- Biología.

El lirio acuático (Eichhornia crassipes) es una hierba acuática, flotante o arraigada en el fango, que mide de 15 a 25 cm de altura, a veces más, tiene las hojas arrosietadas en forma acorazonada-reniforme y color verde brillante; los peciolos globosos, sirven a la planta de flotadores; en las plantas arraigadas en el fango los peciolos pierden su forma globosa, alargándose; el limbo es transversalmente elíptico, con el ápice ligeramente escotado (SALVAT, 1977 y Sánchez, 1978).

Eichhornia crassipes posee un gran poder de flotación gracias a sus peciolos vesiculosos y esponjosos en forma de roseta. Sin embargo, en las colonias densas el peciolo ya no se hincha, sus tallos se alargan y las plantas alcanzan más de 162 cm de longitud total (González, 1976).

Las flores están agrupadas en espigas de color violeta claro; la pieza superior del perianto mide de 4 a 5 cm y presenta en el centro una mancha cuadrangular de color amarillo. Las flores se marchitan rápidamente, normalmente en 24 hr. La flor es zigomorfa, posee 3 sépalos, 3 pétalos, 6 estambres y un pistilo con 3 carpelos. El pistilo consiste en un ovario cónico al que está sobrepuesto un largo estilo con un estigma blanco.

Después de la floración, la zona floral se pliega y las flores se marchitan bajo el agua. El ovario madura dentro de un cápsula aprisionada en un hypanthio como se muestra en la Figura 1 (Sánchez, 1978 y González, 1976).

La reproducción de la planta es asexual y sexual. La primera, por multiplicación vegetativa, cada roseta de hojas forma estolones que a su vez se multiplican del mismo modo y posteriormente se separan de la planta madre, también es común a partir de los bulbos o rizomas. La reproducción sexual es en menor escala, por la formación de semillas que se encuentran encerradas en una cápsula que llega a contener 50 semillas como máximo.

La semilla necesita aproximadamente 2 meses antes de alcanzar su madurez. Favorece la germinación a una temperatura que fluctúa entre los 28 y 36 °C y una intensa iluminación (González, 1975 citado por González, 1976).

El lirio acuático es una <sup>1</sup>planta estolonífera, con rizoma muy corto, de donde nacen largas raíces que a su vez dan origen a numerosas raicillas plenosas (SALVAT, 1977). La longitud de la raíz varía de 10 a 130 cm. La cabeza del rizoma con su brote terminal tiene forma de roseta con una longitud aproximada de 1 a 3 cm. Los rizomas poseen un cabello radicular muy desarrollado (González, 1976).

Se encuentran tapetes de lirio acuático en tres tamaños que generalmente son de 5, 133 y 151 cm de longitud total (González, 1976).

En condiciones favorables, un estolón puede llegar a formar 20 millones de plantas en un año (SALVAT, 1977).

En el embalse de la Presa "Manuel Avila Camacho" en Valsequillo, Puebla, se observó en un metro cuadrado de lirio acuático, un promedio de 72 plantas, calculando que existen 1 080 000 000 de ejemplares de lirio acuático en 15 Km<sup>2</sup> (González, 1976).

Si se tiene en cuenta que dos plantas aisladas en Yaekama (Congo Belga), en un vivero en 1956 dieron:

Después de	23 días	31 plantas
Después de	4 <sup>9</sup> días	136 plantas
Después de	85 días	482 plantas
Después de	130 días	1 200 plantas

Siendo el agua del vivero relativamente pobre en elementos nutritivos. En 4 meses 2 plantas pueden dar un tapiz de lirios de cerca de 9 metros cuadrados. Según observaciones en Lousiana, 10 plantas han dado 1 610 plantas en 3 meses (González, 1976).

En condiciones naturales y favorables 10 plantas pueden multiplicarse hasta dar 600 000 reproducciones en solamente 8 meses (Blanco, et al, 1984).

El lirio acuático es una planta sensible al frío, que llega a desaparecer en los meses más fríos, sin embargo con un resto de ella es suficiente para iniciar una nueva población dado su vigor regenerativo (SALVAT, 1977), en la Presa "Manuel Avila Camacho" en Puebla, González(1976) cita este abatimiento.

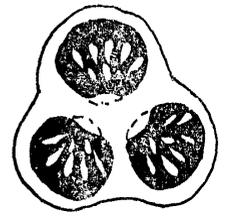
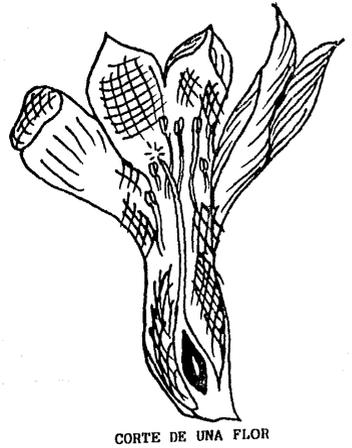
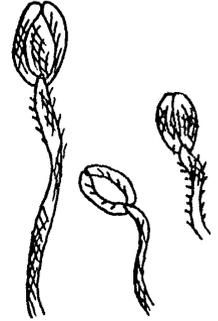
El lirio acuático tiene una estructura claramente modular; cada planta individual, producto de la reproducción sexual y cosecuentemente con un genotipo particular, forma a través del desarrollo estolones que se diferencian en rizomas con sus hojas, meristemas axilares, raíces en las primeras etapas de su crecimiento y eventualmente inflorescencias, formándose vástagos genéticamente similares a la planta progenitora, capaces de llevar una vida independiente. Estas unidades de crecimiento

clonal, denominadas ramets, presentan ciclos de vida definidos, y al igual que en los individuos de una población genets, se reconocen atributos tales como una estructura de edades, tiempos de vida, tasas de natalidad y mortalidad, de manera que puede analizarse en términos demográficos esta dinámica modular o subpoblacional dada por el crecimiento individual (Niño y Lot, 1983).

### 3.2.1.- Clasificación taxonómica del lirio acuático.

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>Subreino</b>	<b>Fanerogamae</b>
<b>Tipo</b>	<b>Angiospermae</b>
<b>Clase</b>	<b>Monocotiledoneae</b>
<b>Subclase</b>	<b>Superovareae</b>
<b>Serie</b>	<b>Periantadae</b>
<b>Orden</b>	<b>Farinosae</b>
<b>Familia</b>	<b>Pontederiaceae</b>
<b>Género</b>	<b><u>Eichhornia</u></b>
<b>Especie</b>	<b><u>crassipes</u></b>

FIGURA 1 REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL LIRIO ACUATICO. 1/



1/ Sánchez, S.,O., 1978.

### 3.3.- Detección del lirio acuático mediante percepción remota.

La percepción remota es la técnica que permite obtener información sobre un objeto a cierta distancia del mismo. El concepto se restringe a las técnicas que permiten la adquisición de información desde naves - aéreas y espaciales. La captación de información presupone su transmisión a través del medio, que en este caso está constituido por la atmósfera y el espacio; Su utilidad ha quedado comprobada en la detección de recursos naturales (Díez, 1974).

Entre las principales ventajas de este método se presenta la repetibilidad en el monitoreo para determinar cambios o evoluciones y la posibilidad de realizarlo con los mismos parámetros físicos en el área involucrada. Se puede captar la relación de los objetos con mayor claridad y sin necesidad de estar presente directamente en la zona, y al ser mayor el área estudiada, se facilita la comprensión de tendencias regionales. Como consecuencia de todo esto, se incrementa la economía de recursos financieros, tiempo y esfuerzo (Valdéz, 1981).

Considerando las ventajas indicadas, es posible definir los objetivos que se mencionan a continuación: 1) Determinar el estado de la vegetación, contenido de agua en el parénquima, color, temperatura, etcétera; 2) Identificar en cuerpos de agua turbiedad y flora; 3) Determinar el color y textura de la superficie, que determina la respuesta de cada objeto a la radiación electromagnética incidente a su propia emisión; 4) Detectar la precipitación que ha ocurrido y la humedad relativa del aire, ya que el contenido de agua tiene una influencia determinante en

las condiciones de los objetos y en su reflexión (Díez, 1974).

Frecuentemente la Percepción Remota es utilizada para afrontar algunos problemas ecológicos, en las aguas superficiales la contaminación puede identificarse como una alteración de las condiciones naturales, - por disolución de sustancias químicas o por descargas con temperatura distinta a la del cuerpo principal del agua. La alteración química impone una limitación definitiva para el uso de agua con fines domésticos o agrícolas; su aparición dentro de un cuerpo de agua determina una modificación en la flora y fauna que contenía con anterioridad. La presencia de solutos puede detectarse por el cambio de coloración del agua. Cuando ocurre la disolución de sales, se manifiesta por una disminución de la temperatura del agua (Díez, 1974).

### 3.3.1- Identificación de lirio acuático por Percepción Remota.

Estudios realizados de Percepción Remota, han demostrado la posibilidad de identificar en diferentes cuerpos de agua, diferentes calidades de la misma detectar la presencia de lirio acuático, proporcionando datos de localización y área cubierta por el fenómeno. La parte fundamental de la técnica consiste en el empleo de información digital de satélites artificiales de recursos naturales LANDSAT los cuales permiten un análisis de la información y un considerable incremento de velocidad y economía al reducir en varios factores el tiempo procesado para un área determinada (Díez, 1976).

#### IV.- METODOS DE CONTROL DESARROLLADOS EN LIRIO ACUATICO.

##### 4.1.- Clasificación de las malezas acuáticas.

Klingman y Ashton (1980) definen que una maleza es una planta que crece donde no se desea; o una planta fuera de lugar. En cuanto a las malezas acuáticas éstas se clasifican de acuerdo al lugar donde se desarrollan, agrupándolas en los grupos siguientes:

- 1) Las algas y otras plantas acuáticas sumergidas que se desarrollan bajo la superficie del agua.
- 2) Las plantas acuáticas flotantes que se desarrollan sobre la superficie del agua.
- 3) Las plantas acuáticas emergentes y marginales, que crecen por encima de la superficie del agua pero están arraigadas en el material del fondo del cuerpo de agua.
- 4) La vegetación terrestre, que crece a lo largo de los accesos y derechos de agua, sobre los bordos de los canales y drenas y en las orillas de los vasos de almacenamiento u otros cuerpos de agua (Bartley y Gangstad, 1974).

#### 4.2.- Problemas que ocasionan las malezas acuáticas.

Las infestaciones intensas de malezas acuáticas, crean serios problemas en la operación y conservación de las obras para el riego, el control de inundaciones, la navegación, el abastecimiento de agua potable, la pesca y actividades turísticas. Entre estos problemas figuran, la reducción de la capacidad de las obras de conducción por la disminución del gasto causada por la vegetación sumergida, el aumento de las pérdidas determinado por la transpiración de las plantas acuáticas emergentes y arraigadas en los taludes. En el río Chambal en India las malezas acuáticas son responsables de la evapotranspiración de más o menos 700 millones de metros cúbicos de agua manualmente, con lo cual podrían irrigar 116 800 Ha de trigo ó 46 720 Ha de arroz (Metha mencionado por Gopal y Sharma, 1979).

El lirio acuático evapora 14.2 litros de agua por  $m^2$  cada 24 hr debido a su transpiración en el lago de Cupatitzio, Michoacán. Otros cálculos en el lago de Chapala, Jalisco, indican la evaporación de 11.8 litros de agua por  $m^2$  en 24 hr. Esta evapotranspiración depende mucho de las condiciones climatológicas que predominen en donde se localizan las infestaciones de lirio acuático en los cuerpos de agua (González, 1976).

Las obstrucciones y daños que producen las plantas flotantes en las obras de los sistemas de distribución y las dificultades que ofrece para el control de la operación la vegetación terrestre que se desarrolla en los bordos de los canales y drenes. Como estos problemas se suelen ir haciendo más serios a medida que avanza el ciclo anual, es muy impor

tante tomar medidas para combatir la vegetación en tiempo oportuno y tener en cuenta en forma adecuada los aspectos ecológicos del problema (Bartley y Gangstad, 1974).

---

Cuadro No. 1 Beneficios y Daños del crecimiento de malezas acuáticas<sup>1/</sup>

---

Beneficios	Daños
Protección, habitat y alimento, para varias especies marinas.	Obstrucción de la navegación.
Estabilización física de los bancos y fondos de los cuerpos de agua.	Interferencia con la agricultura, pesca e irrigación (evapotranspiración).
Producción de oxígeno vía fotosíntesis y asimilación de contaminantes vía crecimiento.	Hospederos para la cría de insectos vectores de enfermedades.

---

<sup>1/</sup> Bates R.P y Hentges J.F., 1976.

#### 4.2.1.- Algas y malezas acuáticas sumergidas.

Las plantas de este grupo pertenecen a muchas especies diferentes y comprenden desde algas unicelulares a fanerógamas superiores. Crecen preferentemente en el medio acuático y tienen una estructura vascular limitada. Están adaptadas principalmente para una multiplicación vegetativa, pero muchas de ellas pueden sobrevivir y sobreviven, mediante alguna forma de ciclo vegetativo en el que intervienen las semillas. Las partes reproductoras de las plantas acuáticas sumergidas, suelen resistir condiciones adversas, donde o cuando el volúmen de agua es limitado. Es probable que las plantas acuáticas sumergidas causen más problemas en los sistemas de riego que cualquier otro tipo de plantas acuáticas.

Las algas que crean problemas más graves son las filamentosas verdes (Stigeoclonium, Oedogonium, Ulothrix y Cladophora) y las de los géneros: Chara y Nitella.

#### 4.2.2.- Plantas acuáticas flotantes.

Se ha observado que existe en los cuerpos de agua de México, un cierto número de especies de malezas acuáticas flotantes. Algunas flotan libremente, como por ejemplo, la lenteja de agua (Lemna spp), la lechuga de agua (Pistia stratiotes) y sobre todo, el lirio acuático (Eichhornia crassipes), mientras que otras se arraigan en los taludes, como la hierba de caimán (Alternanthera philoxeroides). Las malezas acuáticas flotantes suelen causar un serio problema en los cuerpos de agua existentes en México.

#### 4.2.3.- Plantas acuáticas emergentes y marginales.

Muchas de las malezas acuáticas que se arraigan en el fango o en los bordos de los canales y drenes, o en las orillas de los vasos u otros cuerpos de agua, son muy perjudiciales porque pueden invadir y cubrir rápidamente el área de los canales e interferir en el flujo normal del agua y dificultan la navegación. Pueden contribuir a que aumente la sedimentación de azolves y ocasionan grandes pérdidas de agua a través de la evapotranspiración. Son ejemplos importantes de este tipo de vegetación: la espadaña (*Typha spp*), el tule (*Scirpus spp*), el esparganio - (*Carex spp*) y los juncos (*Phragmites spp*).

#### 4.2.4.- Vegetación terrestre de los bordos de canales y drenes.

Existen muchos tipos de vegetación terrestre, que pueden causar problemas en la operación de los canales de irrigación. La mayor parte de ellos pertenecen a especies prolíferas y se desarrollan intensamente y cubren en ocasiones de un modo total los derechos de vía de los canales y drenes. Algunas de estas especies extraen a través de la transpiración, grandes volúmenes de agua y reducen mucho la eficiencia del sistema. Los problemas especiales que crea este tipo de vegetación, están muy relacionados con los factores de clima y suelo de las áreas inmediatas. Son ejemplos característicos de esta vegetación: hierba cinta (*Phalaris arundenacea*), tamariz (*Tamarix pentandra*) y zacate Johnson (*Sorghum halepense*), (Bartley y Gangstad, 1974).

#### 4.3.- Control Físico.

En el control físico de malezas acuáticas, se emplean métodos directos o indirectos que consisten en perturbar la actividad fisiológica normal, independiente del uso de productos químicos o modificar el medio ambiente a un grado que los haga inaceptable o insoportable para la maleza.

El control físico se basa en un conocimiento completo de la ecología de la maleza y en la certeza de que en la biología de todas las especies existen límites de tolerancia, tales como extremos de temperatura y durabilidad física (N.A.S., 1980).

##### 4.3.1.- Temperatura.

Cualquier intento por controlar malezas mediante modificación de temperatura se debe basaren el conocimiento de los límites burdos de su pervivencia de una población.

Al desarrollarse métodos de control más sofisticados, adquiere mayor importancia la información concerniente a las respuestas fisiológicas al cambio de temperatura.

Se supone que la desnaturalización generalizada de las proteínas es la clave de la muerte por alta temperatura, pero es improbable que esto llegue a ser un tipo de control. Es más probable que a éste límite de actividades de los componentes metabólicos lleguen a desordenarse tanto a causa de variaciones en los grados de reacción y las permeabili

dades que no pueden manejarse más mediante los mecanismos endógenos de control y la actividad integrante se desplome, cuando ocurre esto, se desarrollan metabolitos tóxicos, los requerimientos de energía no se satisfacen y se realizan procesos degenerativos irreversibles. Se pueden citar las mismas relaciones para describir la mortalidad por baja temperatura (N.A.S., 1982).

El lirio acuático es una planta sensible a altas temperaturas por arriba de 35 °C, las cuales causan la destrucción de los tejidos, pero no la muerte de la planta. Por ser el lirio acuático una especie nativa de climas tropicales, las bajas temperaturas y heladas que se presentan en regiones templadas, ocasionan una disminución considerable de esta planta en los cuerpos de agua, donde se presentan cambios de clima.

#### 4.3.2.- Fuego.

El fuego se puede utilizar para eliminar malezas que crecen en las represas de los canales, orillas de caminos y otras áreas que estén infestadas.

Si la vegetación de las áreas contaminadas es verde, normalmente una quema superficial secaría de tal manera las plantas que por sí solas morirían de 10 a 14 días después. Para este tipo de control generalmente se utilizan camiones grandes con un equipo de bombeo manual y con un pulverizador de aceite encendido. También es aconsejable el uso de lanzallamas (Klingman y Ashton, 1980).

La utilización de este tipo de control se debe de llevar con una

gran precaución, ya que solamente se llega a controlar el follaje y en un porcentaje muy bajo el cuello o base y el sistema radicular del lirio acuático. Un ejemplo es el que se presentó en la Presa "Manuel Avila Camacho", Puebla, después de quemar al lirio acuático, no solo retoñaron sino que crecieron 23 cm más que los que no fueron quemados (Rodríguez, 1980).

#### 4.4.- Control Mecánico.

El método de control mecánico, se basa en los principios de remoción y destrucción directa de las malezas. Algunas ventajas de este método es que utilizan labor manual, los costos de equipo son relativamente bajos y no plantean problemas de contaminación, por el uso de herbicidas. Sin embargo los tipos de control mecánico requieren de su aplicación frecuente y continua (N.A.S., 1980).

Para realizar un control mecánico adecuado de malezas acuáticas, es necesario tomar en cuenta diferentes factores como son: tipo de malezas, patrones de crecimiento, geometría de la maleza, topografía del cuerpo de agua y niveles de infestación (Bates y Hentges, 1976).

##### 4.4.1.- Uso de cadenas.

El uso de cadena para las malezas acuáticas, consiste en que se amarra una cadena pesada entre dos tractores y se arrastra en la represa. La cadena desprende las raíces de las malezas que se encuentran

en el lecho. Este tipo de control es efectivo contra malezas acuáticas que se encuentran sumergidas o de superficie.

El uso de cadenas se debe realizar cuando los renuevos de las malezas superficiales alcanzan aproximadamente 30 cm por encima del agua o cuando las malezas sumergidas alcanzan la superficie del agua. Debe repetirse a intervalos regulares, es efectivo arrastrar la cadena hacia ambos lados, para poder desgarrar la mayor cantidad de malezas.

Este tipo de control se utiliza principalmente en represas que son uniformemente anchas, en cuyos bordes pueden transitar los tractores y que se encuentren libres de árboles u otros obstáculos. Después del uso de cadenas normalmente es necesario remover de la represa los desechos de plantas para evitar que obstruyan el flujo del agua (Klingman y Ashton, 1980).

#### 4.4.2.- Extracción manual.

Este tipo de control consiste en la formación de brigadas de campesinos, ribereños o pescadores para la recolección manual del lirio acuático con la ayuda de implementos agrícolas, como bieldos y rastriillos. Este tipo de control resulta costoso en algunos países, pero en otros como en México su uso es factible y económico (González, 1976).

4.4.3.- Cosechadores mecánicos que se han desarrollado en la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

4.4.3.1 Cosechador-Cortador-Transportador (Chooper-Conveyor-Harvester).

El cosechador recibe las plantas acarreadas por un bote, las plantas son transportadas por una banda rotatoria de 1.83 m de ancho, las plantas "cosechadas" son cargadas por una banda transportadora de 46 cm de ancho y descargadas a un transportador. El cosechador cortador requiere un motor de cuatro cilindros y un pequeño transportador el cual requiere un motor de cinco caballos de fuerza (Hp).

El bote acarreador, está construido a base de aluminio y tiene un motor fuera de borda de 20 Hp y un largo de 4.27 m. Una red de alambre (0.64 m de ancho por 2.85 m de largo), va montada enfrente del bote. El operador del bote puede subir y bajar esta red fácilmente en la superficie del agua, donde se encuentran las plantas de lirio acuático.

4.4.3.2.- Cosechador-Transportador-Simple (Single-Conveyor-Harvester).

Este cosechador fué desarrollado por la NASA y fabricado por la NSTL (National Space Technology Laboratories). La banda transportadora de 1.52 m de ancho y 8.53 m de largo consta de un motor diesel de cuatro cilindros. Las plantas son acarreadas por el bote antes citado.

#### 4.4.3.3.- "Draga Modificada" (Modified Clamshell Bucket).

El brazo de la draga se puede expandir hasta 3.05 m de largo la concha abarca un área de 1.52 m<sup>2</sup>. La superficie cosechada de los tres cosechadores se puede observar en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2 Eficiencia comparativa de los tres cosechadores para lirio acuático en lagos y canales <sup>1/</sup>

Cosechador	Superficie Cosechada ( m <sup>2</sup> /hr )	
	Máximo Posible	Promedio
Cortador-Transportador	414	104
Transportador-Simple	1670	418
"Draga Modificada"	558	418

<sup>1/</sup> Wolverton y McDonald 1979.

El factor limitante para el transportador simple y el cortador - transportador es el bote acarreador. Estos tipos de control se pueden optimizar usando dos o más botes acarreadores o bien desarrollando un sistema que continuamente alimente a los cosechadores.

El cortador transportador tiene más descomposturas mecánicas que el transportador simple ya que la construcción del primero es más compleja. En la banda rotatoria del cortador-transportador fácilmente pue-

den quedar colgados otros objetos.

El uso del transportador simple es más factible porque sus componentes se pueden mover más fácilmente y en su banda transportadora no cuelgan escombros flotantes.

La "draga modificada" puede ser usada continuamente y la cosecha del lirio acuático es más fácil. La capacidad de cosechar  $418 \text{ m}^2/\text{hr}$  es comparable al transportador simple. Su aprovechamiento es recomendable en canales donde su eficiencia es más notoria (Wolverton y McDonald, 1979).

#### 4.4.4- Cosechadora mecánica desarrollada en México.

La motocosechadora consiste en un lanchón de 10 m de largo por 3.20 m de ancho, dotado del siguiente equipo: un montacargas con descarga hacia atrás, una picadora de lirio acuático de 2 m de ancho por 0.40 metros de largo y una tolva.

La picadora consta de una prensa de gusano, una banda transportadora de lirio picado, dos motores de gasolina para operar los equipos e impulsar al lanchón con su propela y timón de mando, un lanchón para remolcar el producto picado y prensado a la orilla del cuerpo de agua.

La otra parte de la planta industrializadora de lirio acuático consiste en una deshidratadora de secado continuo instantáneo tipo "flash" con molienda simultánea. Esta deshidratadora con capacidad de evaporación de 800 lt de agua por hora va montada en una caja de trailer lo cual la hace ser transportable a cualquier sitio.

Su movilidad tiene muchas ventajas ya que puede ser instalada en el sitio de cosecha del lirio acuático, facilitando las maniobras, haciendo la operación más económica.

El lirio acuático que está en el montacargas del lanchón pasa a la picadora, a la prensa y ya exprimido es transportado por una banda al lanchón de acarreo, donde se estiba a mano. Posteriormente es llevado a la orilla para ser deshidratado y molido.

En un marco de madera de  $1 \text{ m}^2$  se determinó como promedio 50 Kg de lirio acuático, estas plantas se dejaron escurrir para que perdieran la mayor cantidad de agua posible. Por medio de fotografías tomadas por satélite LANDSAT y desde un helicóptero, se observó que de 3 700 Ha que tiene de superficie el vaso de la Presa "Manuel Avila Camacho" en Valsequillo, Puebla, 2 250 Ha están cubiertas por lirio acuático lo que representa un total de 1 125 000 toneladas de esta planta.

La desventaja de esta motocosechadora es que en el paso del montacargas a la banda transportadora, las plantas se atorán y deben jalarse con ganchos para que pasen a la banda transportadora. De la picadora a la prensa, en ocasiones ésta sufre atascamientos (Rodríguez G., 1980).

Los rendimientos de los diferentes equipos para cosechar lirio acuático se pueden observar en el Cuadro No. 3.

Cuadro No. 3 Cosechadoras mecánicas de lirio acuático.

MOTOCOSECHADORAS	OBJETIVOS
1) Para <del>aguas</del> aguas quietas y profundas*.	100 ton/día
2) Para canales de 5 m de ancho y 1 m de profundidad. *	100 ton/día
3) Para ríos navegables.*	En proyecto.
4) Para aguas quietas y pantanosas.*	100 ton/día
5) Motoarrimadoras de lirio acuático para aguas quietas y profundas.*	100 ton/día
6) Motobarredores de lirio acuático.*	Disponer de un buen equipo de mantenimiento.
7) Escrepas para cosechar lirio acuático en las playas.*	Limpiar las playas de lirio acuático.
8) Máquina a nivel comercial Cía. Aguamarine (USA).°	480 ton/mes

\* Dirección General de Aprovechamientos Forrajeros 1977 (no se indican las horas de trabajo).

° González, V., 1976 ( 3 ton/hr; 8 hr/día/5 días a la semana).

#### 4.5.- Control Químico.

El control químico, consiste en el uso de productos químicos conocidos como herbicidas que matan plantas o inhiben su crecimiento normal.

El control con herbicidas de las malezas acuáticas es más fácil, - más rápido y en general tiene mayor duración y a menudo es menos costoso que el control mecánico. En general, las plantas tratadas mueren en el lugar donde se encuentran y van extinguiéndose poco a poco (N.A.S., 1982).

El control de malezas acuáticas por la aplicación de herbicidas es una técnica muy discutida, representa un riesgo para humanos, animales, cultivos, flora y fauna que forman el ecosistema vinculado al cuerpo de agua donde se aplica el herbicida.

Cuando los herbicidas son rociados con periodicidad sobre las malezas acuáticas, ofrecen un control más prolongado que los métodos mecánicos. Además pueden ser aplicados a lugares inaccesibles a la maquinaria, lo que implica menor labor física, por lo tanto menor costo pero mayor riesgo ecológico (Bates y Hentges, 1976 y Escobar, 1977).

##### 4.5.1.- Precauciones en la aplicación de herbicidas sobre malezas acuáticas.

Debido a que el ambiente acuático es fluido, los herbicidas no siempre quedan en lugar en que fueron aplicados. Se han hecho intentos para resolver este problema mediante el uso de formulaciones y técnicas de aplicación especiales, pero la acción química exige la solubilidad

del herbicida. Si el herbicida es soluble, la movilidad es un problema en los medios ambientes acuáticos (N.A.S., 1982).

Son aún desconocidos los efectos a largo plazo de la mayoría de los herbicidas sobre los organismos vivos. Los efectos tóxicos se pueden observar de una manera directa en los peces, alterando en alguna forma su ciclo reproductivo. Se observa un abatimiento del  $O_2$  disuelto en el agua causado por la descomposición de plantas muertas y la muerte de algas planctónicas que sirven de alimento a los peces.

Algunas plantas acuáticas son parte esencial del ambiente de los peces, ya que proporcionan abrigo y soporte a organismos que les sirven en su dieta alimenticia y al aplicar algún herbicida se debe realizar una selección cuidadosa del tipo y concentración adecuada del producto.

En el caso del tratamiento de áreas densamente pobladas de malezas, es recomendable el tratamiento parcial es decir tratar al cuerpo de agua por partes dejando convenientes intervalos de tiempo entre cada aplicación. Esto evitará la muerte de los peces por el abatimiento rápido del  $O_2$  ocasionado por la descomposición de plantas muertas. Una vez iniciada la aplicación del herbicida, se debe vigilar periódicamente el área tratada; sí se descubren peces muertos el tratamiento debe ser suspendido.

La eliminación total de la vegetación acuática y semiacuática de un cuerpo de agua puede restringir las áreas de asentamiento de aves acuáticas, ya que las plantas proveen directa o indirectamente un gran porcentaje de su dieta (Escobar, 1977).

Exceptuando al arsenito de sodio, casi todos los herbicidas hoy en uso para el control de malezas acuáticas son de baja toxicidad para el hombre y los animales de sangre caliente. En las concentraciones necesarias, varios herbicidas son inofensivos para los peces. La mayoría de los herbicidas acuáticos no daña a los cultivos regados con agua que contenga las bajas concentraciones que se necesitan para el control de malezas acuáticas. Sin embargo el uso de los herbicidas para este tipo de malezas está muy restringido. Hay muchos herbicidas acuáticos cuyo uso no está permitido en agua que se emplee para fines de riego o domésticos. Solo se dispone de información limitada acerca de la persistencia y del destino final de los herbicidas en el agua, suelo acuático, peces, plantas acuáticas y cultivos regados con agua tratada. La aplicación de herbicidas en medios acuáticos que pueden dejar residuos en agua que se emplee para fines domésticos, es un aspecto de gran preocupación, tan delicado que se deben seguir con precaución todos los procedimientos reguladores (N.A.S., 1982).

#### 4.5.2.- Clasificación de los herbicidas.

En función de sus efectos sobre las plantas, los herbicidas se pueden clasificar en selectivos y no selectivos. Los herbicidas selectivos destruyen o impiden el crecimiento de las malezas que se encuentran en un cultivo sin dañar a éste. Los herbicidas no selectivos son productos químicos tóxicos que, se les aplica en proporción adecuada, destruyen a todas las plantas.

La selectividad es una propiedad tanto del tipo de tratamiento como del agente químico, y está regulada por factores tales como: la temporada y método de aplicación, la formulación química y la dosificación, las condiciones ambientales y la fase de ~~crecimiento~~ de la vegetación.

Todos los herbicidas destruyen plantas ya sea por contacto o por acción sistémica. Los herbicidas de contacto, sólo destruyen las partes de la planta a las que se aplica el agente químico. Los herbicidas sistémicos se ~~absorben~~ ya sea por las raíces o las partes aéreas de la planta y luego se traslocan dentro del sistema de la planta hasta tejidos que ~~quedan~~ muy alejados del punto de aplicación (N.A.S., 1982).

#### 4.5.3.- Aspectos fisiológicos de la acción de los herbicidas sobre las malezas.

Entre la aplicación de un herbicida y su efecto final en la planta, se interponen una serie de barreras, cualquiera de las cuales puede limitar la acción del herbicida.

Los herbicidas de actividad marginal se pueden alterar ya sea por cambios en la formulación o en el medio de aplicación, de modo que penetren las barreras y se acumulen en cantidades tóxicas en un punto mortal.

#### 4.5.3.1.- Penetración del herbicida.

La entrada del herbicida en el follaje se puede clasificar en estomática o cuticular. Los dos tipos de entrada no se excluyen una a otra y se sabe que en circunstancias adecuadas, los dos se producen. Al menos al principio, la entrada en la cutícula es por difusión. También existen diferencias entre plantas distintas de una misma especie, como resultado de la edad, y de condiciones ambientales como temperatura, precipitación, altitud, vientos, luz ultravioleta y luz visible.

Las plantas con hojas cerosas, repelen las gotas de lo rociado. El lugar de las zonas meristemáticas de la planta, puede determinar la selectividad de un herbicida. Las plantas de hoja ancha tienen sus puntos de crecimiento expuestos en las puntas de los brotes o en las axilas de las hojas y se pueden destruir con facilidad con un herbicida de contacto bien esparcido. Las hojas de plantas que crecen a la sombra tienen la cutícula más delgada que las que crecen a plena luz del sol y las hojas jóvenes tienen la cutícula más delgada que las hojas viejas.

Sin duda, en todos los tratamientos foliares se produce algo de penetración del herbicida en los tallos. Aún no se ha determinado si la penetración del herbicida en los tallos es, por sí misma más fácil que la penetración en las hojas. El hecho de que sea diferente la penetración en las hojas y en el tallo, al menos en algunos aspectos, se ha demostrado al observar que al añadir aceite a un herbicida se logran mayores beneficios en las aplicaciones en el tallo, y es dudoso que esto ocurra en los tratamientos foliares.

Los herbicidas penetran a la raíz por mecanismos pasivos y activos. La entrada pasiva se efectúa junto con el agua absorbida y las moléculas del herbicida pueden seguir avanzando con el agua a través de la planta en el sistema apoplástico inclusive el xilema. La absorción activa de moléculas de herbicida se ha reducido debido al uso de inhibidores del metabolismo. Los herbicidas se desplazan un poco entre los sistemas apoplástico y simplástico.

#### 4.5.3.2.- Traslocación de los herbicidas.

El concepto más útil de traslocación del herbicida establece una diferencia entre avance por el sistema simplástico o por el apoplástico. Al parecer los herbicidas se reparten entre el sistema simplástico y apoplástico en grado variable y en algunos casos el avance puede ser tanto simplástico como apoplástico.

Los herbicidas que se traslocan por el xilema avanzan principalmente con la corriente de transpiración de la planta. Algunos herbicidas se traslocan al principio, pero muy pronto quedan ligados en una forma insoluble o inmóvil.

#### 4.5.3.3.- Acción del herbicida.

Las respuestas visibles de las plantas abarcan toda una variedad que va desde el enanismo o cese del crecimiento, pasando por drásticas aberraciones morfológicas y una rápida desecación hasta llegar a la -

muerte. A menudo, la clorosis es uno de los síntomas más tempranos de lesión inducida por herbicidas.

La inhibición de la fotosíntesis lleva a la oclusión de los estomas. Después de la oclusión de los estomas se produce la inhibición de la transpiración, lo que ocasiona la acumulación de agua.

Se ha postulado que los compuestos herbicidas que inhiben la fotosíntesis quedan ligados a proteínas vegetales impidiendo así sus funciones catalíticas, por lo tanto los herbicidas obstaculizan la transferencia de energía y los procesos metabólicos se interrumpen, ocasionando trastornos fisiológicos que causan la muerte o cese del crecimiento de la planta (N.A.S., 1982).

#### 4.5.4.- Herbicidas utilizados para el control de lirio acuático.

Existen diversos trabajos experimentales con herbicidas realizados en el mundo, en los países donde existe el problema del lirio acuático.

Bayne y Castro (1974) utilizaron 2,4-D y Diquat y un agente surfactante (Agral 90) para el control de lirio acuático en El Salvador; realizaron pruebas con diversas dosis de estos herbicidas. Los mejores resultados fueron : 2,4-D (6.7 Kg/i.a./Ha), con un 97% de control, no habiendo una regeneración de algunas partes de la planta tratada, después de seis semanas; 2,4-D (9.5 Kg/i.a./Ha), con un control de un 100%, observando un control completo no habiendo regeneración de la planta; 2,4-D (13 Kg/i.a./Ha), con un 95% de control, no habiendo una regenerau

ción de plantas, después de seis semanas.

Goietenboth (1979) al utilizar las mezclas de 2,4-D + Paraquat; 2,4-D + Diquat; 2,4-D + Glifosate; 2,4-D + Ametrina. Determino diferentes porcentajes en la reducción de la actividad mitótica en el tejido meristemático de la raíz después de 96 hr. 2,4-D + Paraquat y 2,4-D + Diquat se observó una reducción del 90%; 2,4-D + Glifosate se observó una reducción del 80% y en la mezcla 2,4-D + Ametrina se observó una reducción solamente del 75%.

Roa, et al (1981) determinaron que el mejor tratamiento para el control de lirio acuático fué 2,4-D amina en dosis de 7.2 Kg/Ha, en comparación de 2,4-D + Paraquat (4Kg/Ha y 0.5 Kg/Ha respectivamente). Las mezclas de 2,4-D + urea y 2,4-D + urea + Sandovit (agente surfactante), tuvieron una acción lenta.

Gupta y Subbaiah (1982) al realizar pruebas para el control de lirio acuático con 2,4-D Na + Paraquat; 2,4-D amina solo en combinación con Sandovit, observaron que las plantas de lirio acuático fueron muertas en un lapso de 30 días. La muerte fué más rápida con el tratamiento 2,4-D amina y lenta con 2,4-D Na + Paraquat. No se observó rebrote de las plantas en 90 días. La dosis del 2,4-D amina fué de 3.6Kg/Ha.

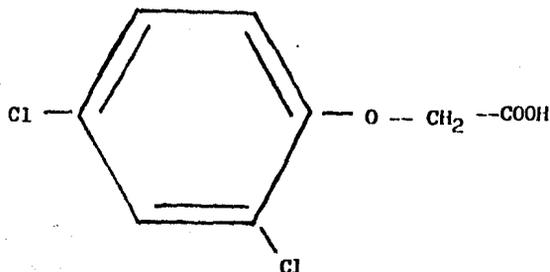
Joyce y Haller (1984) determinaron que al usar ácido giberélico, se reduce la eficacia del 2,4-D, comparado con la dosis normal del 2,4-D que es 2.24 Kg/Ha, al usarlo solo.

Bajpai y Chauhan (1985) probaron diversos herbicidas como: 2,4-D; MCPA; Cloraamben; Nitrafen; Simazina y EPTC. Cada uno con una dosis de 1 Kg/i.a./Ha. Todos disminuyeron significativamente las poblaciones de lirio acuático, el 2,4-D fué el más efectivo. Simazina y EPTC fueron los menos efectivos.

#### 4,5,4.1.- 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético).

Nombres comerciales: Weedone 638; LV4; Weedar; Emulsamine E-3; Brush Killer 171, 170, 155; Agua Kleen; Ded-Weed LV-20 granular; LV-64; LV-8, ME-, ME-6; Dacamine 4-D; Flora Tox; Brush-Rhap; Pentamine; Visko-Rhap; Esterón; Hierbamina; Fitoamina; Herbipol.

Fórmula Estructural:



El herbicida más efectivo descubierto para combatir las poblaciones de lirio acuático es el ácido 2,4-diclorofenoxiacético comunmente llamado 2,4-D pertenece al grupo de herbicidas Auxínicos. Este herbicida es un producto químico orgánico, el cual pertenece al grupo de sustancias conocidas como hormonas vegetales o reguladores del crecimiento.

Este herbicida ha demostrado no ser tóxico para humanos y animales, cuando es aplicado como un herbicida en las concentraciones o dosis recomendadas (Gangstad, 1978).

El 2,4-D da un control muy efectivo sobre las plantas de hoja ancha como el lirio acuático, que requieren de 1.0 a 4.5 Kg/i.a./Ha de 2,4-D amina; en cambio en el caso de plantas de hoja angosta o sumergidas es necesario usar dosis menores.

La efectividad del 2,4-D puede ser regulada mediante su formulación química, ya sea como ácido, sales de sodio, sales aminadas o ésteres. En la forma de ácido y sales se incrementa la solubilidad, mientras que en los ésteres pesados disminuye su volatibilidad (Escobar, 1977).

Los derivados que se consideran no tóxicos a los peces dentro de la dosis recomendadas son: el éster iso-octililo, sal dimetil-amina, sal trimetil amina, sales de sodio y potasio.

Los derivados del 2,4-D que si son considerados como tóxicos a los peces a concentraciones cercanas a las necesarias para el control del lirio acuático son: el éster butílico; el éster isopropílico; éster butoxy-etanol; éster etílico; sal di-N; N-metil cocoamina; sal duomeen; éster propileno glicolbutil; 2,4-D acetamina y sal dietilamina. Si fuera necesario usar estas formulaciones que son consideradas tóxicas, enton-

ces los cuerpos de agua deberán ser tratados por partes, de tal forma - que los peces puedan escapar a zonas no tratadas con herbicidas (Escobar, 1977).

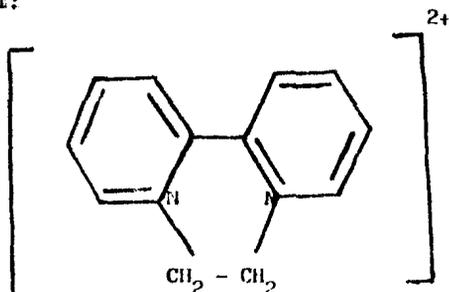
La sal amina del 2,4-D es la menos volátil y que puede mezclarse - con agua. Buenos resultados se han obtenido cuando se han aplicado dosis de 2.24 Kg/i.a./Ha de 2,4-D. Otras dosis de aplicación tienen un rango de 2.24 Kg/i.a./Ha a 4.48 Kg/i.a./Ha dependiendo del tamaño de la planta, cuerpo de agua, densidad de infestación y condiciones climatológicas. Nunca el 2,4-D debe aplicarse en ninguna de sus formulaciones en días con vientos fuertes ya que representa un peligro para las plantas deseables cercanas al cuerpo de agua, por lo que debe evitarse al máximo cualquier esparcimiento del herbicida (Escobar, 1977) y Gangstad, 1978).

El 2,4-D se puede mezclar en agua de 380 lt/Ha a 760 lt/Ha, se deben realizar aplicaciones periódicas cada ocho semanas después de la - primera aplicación, es recomendable tratar solamente del 25% al 50% del área infestada en un mismo tiempo, para evitar problemas de contaminación y una posible muerte masiva de peces (Gangstad, 1978).

4.5.4.2.- Diquat (catión 1,1'-etilen-2-2' dipiridium o catión 6,7-dihidro-dipirido (1,2,-a:2;1'-C) pyrazidinium.

Nombre comercial: Orto-Diquat, Reglone

Fórmula Estructural:



Este herbicida pertenece al grupo de los Bipyridilos, es considerado generalmente adecuado a medios acuáticos, ya que presenta un amplio margen de seguridad a la vida acuática en las dosis recomendadas para el control del lirio acuático. Resulta ser un potente herbicida soluble en agua y con un relativo amplio espectro de actividad sobre las plantas sumergidas y flotantes. En el mercado se puede encontrar en forma de sal dibrómica, pero su actividad depende únicamente del catión diquat y no es influenciada por el anión asociado. No es recomendable usarlo en aguas turbias, debido a que se reduce su acción, por ser rápidamente absorbido sobre las partículas de arcilla; su efectividad también se ve grandemente reducida a temperaturas abajo de 5 °C en los días nublados.

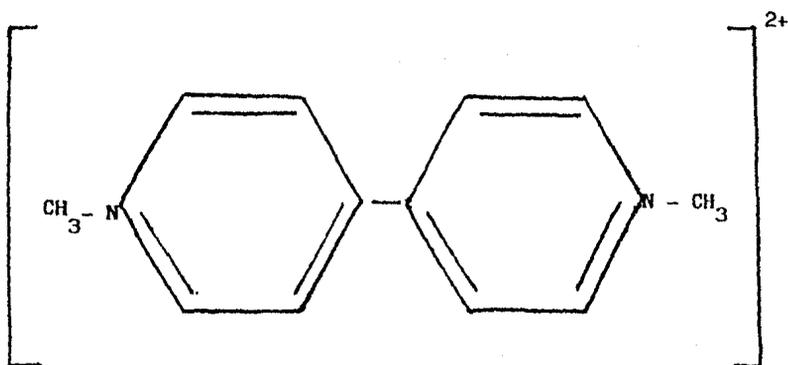
El Diquat es un herbicida de contacto que es fácilmente absorbido y/o adsorbido por el follaje de las plantas y su acción depende de la intensidad de la luz. Se considera como una propiedad del herbicida el hecho de que es rápido y completamente inactivo en el suelo; es también afectado por una reacción con el ácido húmico y por la absorción sobre la materia orgánica.

Al parecer ciertos microorganismos del suelo pueden degradar al Diquat, pero estudios con algunas plantas vasculares han indicado que este producto químico es resistente al proceso de degradación, aunque puede perderse vía descomposición fotoquímica. Las leyes norteamericanas prohíben el uso del Diquat en cuerpos de agua para fines potables y se debe dejar transcurrir un período de 10 días después del tratamiento en agua para uso con propósitos doméstico, abrevaderos o irrigación. Se ha propuesto una tolerancia media residual de 0.01 ppm del Diquat en agua potable (Escobar, 1977).

#### 4.5.4.3.- Paraquat (sal 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridinio).

Nombre comercial: Gramoxone'S, Aerial "Gramoxone"

Fórmula Estructural:



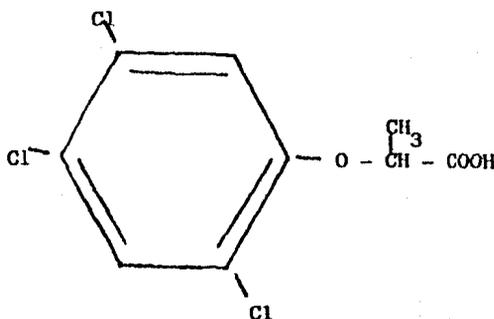
El Paraquat es un herbicida muy semejante al Diquat, con la diferencia de que el Paraquat controla preferentemente malezas acuáticas emergentes. Este herbicida persiste en el agua por espacio de 7 a 10 días - después de la aplicación, los residuos desaparecen quedando el producto absorbido por el suelo acuático y completamente inactivo.

La dosis recomendada es de 1 Kg/i.a/ha. El agua tratada puede ser utilizada en el riego 7 días después de ser aplicado el herbicida (Escobar, 1977).

#### 4.5.4.4.- Silvex (ácido 2(2,4,5-triclorofenoxi) propiónico).

Nombre comercial: Ded Weed LV 33, LV 4.

Fórmula Estructural:



Este herbicida pertenece al grupo Fenóxicos, es un herbicida seguro, no contamina el agua. No se debe tratar más de la mitad del área infestada en un mismo mes; puede causar un sabor desagradable a los peces que sean pescados en el cuerpo de agua tratado, semanas después del tratamiento. Silvex se encuentra como sales de potasio y trietanol-amino y como ésteres del ácido (éter butil propileglicol, etano butoxi, iso-octílico) muy semejante al 2,4-D.

Dosis recomendada: 45 Kg/i.a./Ha (gránulos) y 300 Kg/i.a./Km (líquido) (Escobar, 1977).

## 4.5.5.- Tratamientos recomendados.

Cuadro No. 4 Tratamientos recomendados <sup>1/</sup>

Herbicidas	Tasa de aplicación	Observaciones
2,4-D (sal dimetil amina)	4.5 Kg/Ha de i.a. *	Atomizarlo sobre el follaje.
2,4-D (éster iso-octílico)	4.5 Kg/Ha de i.a. *	Atomizarlo sobre el follaje, usando agua o aceite.
Diquat	0.6 a 0.85 Kg/Ha de i.a.*	Atomizar sobre el follaje (preferir el Diquat sobre el 2,4-D se existe el peligro del esparcimiento del herbicida fuera del área de tratamiento).
2,4-D (amina soluble en aceite)	2.25 a 4.5 Kg/Ha de i.a.*	Atomizar con un sistema que tenga un mínimo de peligro en esparcimiento.

\* i.a. = ingrediente activo.

<sup>1/</sup> Escobar, 1977.

#### 4.6.- Control Biológico.

El control biológico es el uso de enemigos naturales (parásitos, de predadores y patógenos) en la disminución de la población de una especie vegetal o animal. Este tipo de control se basa en el hecho de que existen organismos enemigos que pueden combatir determinadas malezas.

Un enemigo natural de un tipo que no guarda una relación de densidad recíproca con su planta huésped, sera ineficaz o peligroso de introducir debido al riesgo que representaría para otras plantas. Por este motivo, en el control biológico no se emplean enemigos de acción no especializada. Por lo tanto, en este punto, se tiene una interacción huésped parásito en la que existe una relación en la cual el enemigo tiene limitado su alimento y la planta nociva huésped tiene enemigos limitados.

Debido a la propia naturaleza del mecanismo regulador, los efectos absolutos de la acción de un enemigo disminuye automáticamente a medida que baja la densidad del huésped.

El control biológico jamás puede ser la solución a todo un problema causado por plantas nocivas ya que no existen agentes efectivos para cada problema.

El objetivo del control biológico no es la erradicación, sino la reducción a niveles económicos de la densidad de la población de una maleza. Esto se puede lograr por medio de la acción directa o indirecta de los organismos que se utilicen.

Las técnicas de control biológico se valen de agentes, animales o vegetales que destruyen la vegetación indeseable o que alteran el habi-

tat de tal modo que cambia de modo favorable el crecimiento vegetal que puede sobrevivir.

Los enemigos naturales de las plantas nocivas incluyen una gran diversidad de organismos como: insectos, virus, hongos, bacterias, animales, peces herbívoros y caracoles acuáticos.

Los daños que causan los organismos patógenos a las plantas huéspedes se producen debido a: degradación enzimática del material celular, producción de tóxicos, alteración de los sistemas hormonales, obstrucción de la circulación vascular, desorientación de procesos fisiológicos y otros modos aún no estudiados. Puede morir toda la planta o parte de ella, también su vigor puede quedar tan disminuido que la planta ya no pueda competir con éxito con otras plantas. Cuando las condiciones son favorables, el resultado neto es una disminución paulatina o incluso brusca, de las poblaciones de la planta huésped.

El control biológico de las plantas nocivas se ha considerado conservadoramente debido a dos razones: 1) la posibilidad de que los riesgos sean demasiado grandes en comparación con las posibilidades de que se obtenga un grado adecuado de contención de la maleza y 2) oposición al reconocimiento de una planta dada como nociva y sobre todo, a que los agentes introducidos se pueden desplazar con facilidad de zonas en las que se considera que la planta es nociva a otras zonas en las que se considera como una planta de valor.

Los insectos pueden destruir las plantas a las que atacan, agotando sus reservas alimenticias, algunas veces debido a la total destrucción de las hojas, encargadas de realizar la fotosíntesis. Sin embargo, el -

daño producido depende de la intensidad del ataque, del tamaño y estado de la planta y del medio ambiente. Los insectos pueden transmitir algún organismo patógeno, que acelere la destrucción de la planta.

La aplicación del control biológico depende de la naturaleza de la maleza, de su posición taxonómica, del grado de control que requiera, - de la disponibilidad de enemigos adecuados y de la estabilidad y complejidad de la comunidad vegetal. Este tipo de control se puede aplicar - conservando los enemigos ya existentes, añadiendo un mayor número de los mismos al medio ambiente, protegiéndolos contra sus propios depredadores, o importando agentes nuevos.

La efectividad del control biológico de malezas sugiere que las - plantas perennes en medios no cultivados están mejor adaptadas para este método. Puesto que muchas malezas acuáticas son perennes, su estabilidad indica un prometedor potencial para combatir las por medios biológicos (N.A.S., 1982).

#### 4.6.1.- Procedimiento para el establecimiento del control biológico en lirio acuático.

Antes de buscar la verdadera búsqueda de agentes para el control - biológico, se debe establecer, de ser posible, la información fundamental siguiente respecto a la maleza: 1) posición taxonómica, biología, - ecología; 2) distribución geográfica de origen; 3) actual distribución

daño producido depende de la intensidad del ataque, del tamaño y estado de la planta y del medio ambiente. Los insectos pueden transmitir algún organismo patógeno, que acelere la destrucción de la planta.

La aplicación del control biológico depende de la naturaleza de la maleza, de su posición taxonómica, del grado de control que requiera, - de la disponibilidad de enemigos adecuados y de la estabilidad y complejidad de la comunidad vegetal. Este tipo de control se puede aplicar - conservando los enemigos ya existentes, añadiendo un mayor número de los mismos al medio ambiente, protegiéndolos contra sus propios depredadores, o importando agentes nuevos.

La efectividad del control biológico de malezas sugiere que las - plantas perennes en medios no cultivados están mejor adaptadas para este método. Puesto que muchas malezas acuáticas son perennes, su estabilidad indica un prometedor potencial para combatir las por medios biológicos (N.A.S., 1982).

#### 4.6.1.- Procedimiento para el establecimiento del control biológico en lirio acuático.

Antes de buscar la verdadera búsqueda de agentes para el control - biológico, se debe establecer, de ser posible, la información fundamental siguiente respecto a la maleza: 1) posición taxonómica, biología, - ecología; 2) distribución geográfica de origen; 3) actual distribución

total; 4) centro probable de su origen y de especies emparentadas; 5) presencia coexistente de especies emparentadas; 6) presencia de especies - emparentadas y ecológicamente similares en las regiones en las que no - existe la maleza, pero en las que parece deseable la exploración en busca de un agente enemigo suyo y 7) el historial de los enemigos naturales de la maleza que se encuentra en la literatura especializada.

#### 4.6.2. -Utilización de peces herbívoros para el control de lirio acuático.

La carpa herbívora o "amura blanca" ( Ctenopharyngodon idella Val.) es originaria de los grandes ríos del norte de China y la Unión Soviética, donde más abunda es en el río Amur, no se reproduce de manera natural en cautiverio y aún en libertad cesa su ciclo reproductivo si no encuentra las condiciones adecuadas para la reproducción como son: color y temperatura del agua; vegetación circundante, semejantes a su hábitat natural. Este pez se alimenta de vegetación acuática, el lirio acuático no es parte primordial de su dieta, pero en ocasiones y a falta de alimento, se alimenta de las raíces del lirio acuático, provocando que las partes aéreas de la planta se sequen (Piña, 1974).

Cuando la carpa herbívora es introducida a otros países, el pez debe de permanecer en cuarentena y solamente se debe dejar en libertad - cuando se ha determinado que no ha sido atacado por parásitos . Durante las primeras semanas de haber realizado la siembra en el cuerpo de agua,

la carpa se alimenta de zooplancton y otros animales microscópicos. La -  
dieta principal de la carpa son malezas acuáticas sumergidas, lo cual -  
resta que este pez sea un buen agente de control biológico (N.A.S., 1976).

Vera-Herrera, et al (1980) en Tezontepec de Aldama, Hidalgo reali-  
zaron un estudio de 3 diferentes densidades de "siembra" de la carpa -  
herbívora (Ctenopharyngodon idella) en estanques controlados, las cuales  
fueron: 5, 15 y 25 carpas/100 m<sup>2</sup>. Al final del experimento se observó  
un deterioro en la morfología del lirio acuático. El mejor resultado -  
fué el de 15 carpas/100 m<sup>2</sup> (1 500 peces/Ha) con el proposito de "cose-  
char" los peces para alimento. Existe la posibilidad de extrapolar re-  
sultados para las condiciones naturales y establecer un control del li-  
rio acuático.

Otros posibles peces que se pueden utilizar para el control del li-  
rio acuático son: Tilapia spp; Saratherodon mossambicus; Metynnis spp e  
Hypophthalmichthys molitrix Val. Para estos peces es necesario una in-  
vestigación mucho más amplia para determinar si pueden llegar a ser bue-  
nos agentes de control biológico para lirio acuático (N.A.S., 1976).

#### 4.6.3.- Utilización de manatíes para el control de lirio acuático.

El manatí o "vaca marina" (Trichechus manatus) es un mamífero ori-  
ginario de las regiones tropicales de Centro y Sudamérica y el Oeste y  
Centro de Africa.

Este animal es una especie en peligro de extinción. El manatí puede vivir en cuerpos de agua dulce o salado y frecuentemente se encuentra en estuarios. Consume preferentemente malezas acuáticas suculentas, aunque puede consumir otro tipo de plantas acuáticas o bien pastos que crecen en los bordes de los canales. Estos animales consumen gran cantidad de alimento aproximadamente 20 Kg de alimento cada día. Un manatí adulto pesa aproximadamente 500 Kg y mide 3 m de largo.

Los manatíes pueden controlar de manera satisfactoria a las malezas acuáticas (incluyendo al lirio acuático) en canales, lagos o ríos. Esta especie llega a vivir hasta 50 años, y la experiencia que se tiene en Guyana ha demostrado el buen control de malezas acuáticas durante décadas con los manatíes los cuales son protegidos. Pueden ser transportados fácilmente a otros lugares siempre y cuando, se mantengan inmóviles y protegidos fuera del agua. La temperatura del agua es muy importante para el desarrollo de la especie, temperaturas menores de 18 °C ocasionan enfermedades como: neumonía (N.A.S., 1976).

En cuerpos de agua abiertos, los manatíes no realizan un control total de la infestación de malezas acuáticas, es necesario utilizar otros métodos para disminuir el crecimiento de la vegetación (N.A.S., 1976).

En México se han realizado intentos por introducir manatíes en Valsequillo, Puebla y Xochimilco, D.F.. en el caso de Valsequillo, fueron introducidos 5 animales, 4 de los cuales murieron al no adaptarse al me

dio ambiente, siendo el factor limitante la temperatura, ya que en el invierno el embalse presenta temperaturas menores de 10 °C. El otro manatí fué muerto , por el temor que causaba a los ribereños. En el caso de Xochimilco, también ocasionaron temor y fueron muertos los animales (González, 1976).

#### 4.6.4.- Otros animales que se alimentan con lirio acuático.

Diversas especies de patos, gansos y cisnes se alimentan de malezas acuáticas y en un porcentaje de lirio acuático. El langostino también - aunque su dieta la suple de otros alimentos; el caracol Marisa cornuarietis también se alimenta de hojas y peciolo de lirio acuático (N.A.S., 1976).

#### 4.6.5.- Insectos como agentes de control biológico para el lirio acuático.

Al estudiar al escarabajo moteado (Neochetina eichhorniae Warner) se determinó que para un desarrollo óptimo del insecto es necesario una humedad relativa del orden del 60% al 70% y una temperatura de 28 a 32°C. Las larvas se desarrollan durante el otoño, la cual se alimenta del peciolo del lirio acuático, realizando túneles que favorecen la actividad bacteriana y de hongos. El escarabajo es específico para el lirio acuático (Ayón y Núñez, 1978).

En México se han reportado dos insectos con posibilidades de realizar un control biológico del lirio acuático. Estos son, uno del género Chironomus, encontrado en túneles hechos en el peciolo y corona causando una necrosis y muerte de la planta; el otro insecto es del género Tetranychus, el cual produce una severa clorosis (Núñez y Contreras, 1979).

Sands (1983) indica que la larva del lepidóptero (Acigona infusella Walker) ocasiona daños en los peciolos del lirio acuático, este ataque se puede complementar con otros agentes de control.

Center (1984) encontró un buen control de lirio acuático con (Sameodes albigutalis Warr) en Florida, U.S.A., este lepidóptero llega a extenderse hasta 4 Km/día en el verano, después de este período la población de S. albigutalis empieza a decrecer por el cambio de estación.

#### 4.6.5.1.- Insectos específicos para el control de lirio acuático.

Dos insectos se han encontrado como agentes potenciales de control biológico para el lirio acuático estos son: (Neochetina bruchi Hustache) y (Neochetina eichhorniae Warner), coleópteros de la Familia Curculionidae, con huéspedes específicos de esta maleza acuática. Un tercer escarabajo (Neochetina affinis Hustache) se ha encontrado asociado a Eichhornia azurera.

N. eichhorniae se ha localizado en Argentina, Bolivia y Trinidad.

Los adultos ovipositan en los peciolos, causando una pequeña herida, durante los meses de Octubre y Noviembre, se han encontrado hasta cinco - huevecillos por cada oviposición; la larva (con cinco estadíos) se desarrolla en tres meses, de Noviembre a Enero, es una larva blanca y ápoda, inmediatamente después de la eclosión se alimenta del peciolo de la planta, después del ataque de la larva la planta sufre un ataque por hongos y bacterias en el parénquima de las hojas, causando alteraciones fisiológicas y debilitamiento de la planta; en estado de pupa permanece aproximadamente un mes (Enero), la pupa permanece en la raíz de la planta; los adultos emergen en Enero y Febrero, en Marzo ovipositan. Inmediatamente después de la emergencia de los adultos estos se alimentan de los peciolos y hojas del lirio acuático, se ha observado en laboratorio que los adultos llegan a vivir hasta 280 días. Los adultos se alimentan durante la noche. Las larvas que eclosionan de los huevecillos producidos en - Marzo, se desarrollan durante los meses de Abril a Junio; la pupa se desarrolla de Mayo a Junio y los adultos emergen en Junio y Julio; la segunda generación de larvas no entran en estado de pupa durante el invierno, siguiendo alimentándose de las plantas presentes. El enemigo más importante para esta especie es un hongo, (Beauveria sp) que ataca a los adultos.

Los daños que causa N. eichhorniae se pueden clasificar de la siguiente manera: 1) las larvas se alimentan de hojas y peciolos; 2) los adultos se alimentan también de hojas y peciolos y 3) el insecto es un

vector para el ataque de hongos y bacterias (Gangstad, 1978).

Neochetina bruchi es originario de Guyana, Brasil, Uruguay y Argentina, el cual se alimenta solamente de especies vegetales de la familia Pontederiaceae a la cual pertenece el lirio acuático, los escarabajos - se alimentan en la superficie del follaje; las larvas realizan galerías o túneles en el tallo y corona de la planta, en los peciolo se han localizado de 1 a 12 larvas. En laboratorio N. bruchi se ha alimentado de col y lechuga en ausencia de plantas de la familia Pontederiaceae, pero si el lirio acuático está presente no se alimenta de otras plantas. Los adultos de N.bruchi; son mucho más abundantes que los adultos de N.eichhorniae hasta el final de la primavera y verano, sin embargo N.eichhorniae es más abundante en el invierno. N.eichhorniae se alimenta en mayor cantidad que N.bruchi. Las dos especies de Neochetina juntas causan un daño considerable sobre la población de lirio acuático (Gangstad, 1978).

#### 4.6.6.- Utilización de hongos para el control de lirio acuático.

Las investigaciones realizadas con hongos, como agentes de control biológico de lirio acuático han tenido resultados satisfactorios: Rhizoctonia solani en Panamá; Fusarium roseum en Florida y Cephalosporium zonatum en Florida y Lousiana (Gangstad, 1978).

Uredo eichhorniae es un hongo que ataca al lirio acuático, el hongo ha sido localizado en regiones semitropicales húmedas en Argentina,

Uruguay y Brasil. Las uredosporas no germinan en contacto con el agua libre, necesitan un estimulante para germinar, los trabajos de germinación in vitro y sobre las hojas han demostrado que es necesario un agente surfactante para que haya una infección que pueda atacar al lirio acuático. U. eichhorniae se puede considerar como un agente de control biológico, pero es necesario realizar una investigación más completa al respecto (Charudattan, 1982).

Freeman et al (1982) han estudiado al hongo Cercospora rodmanii el cual ha demostrado ser un agente de control biológico potencial para lirio acuático. El ataque del hongo lo realiza por los estomas de hojas y peciolo, causando una infección fuerte de las hojas, la planta muestra una marchitez general y debilitamiento, gradualmente la planta sucumbe y se hunde. C rodmanii puede inocularse al lirio acuático, por medio de asperciones aéreas.

Cercospora rodmanii puede ser considerado como un control biológico potencial por los síntomas y las características del ataque e infección que causa en el lirio acuático (Freeman y Charudattan, 1984).

En el Cuadro No. 5 se puede observar algunos hongos asociados con el lirio acuático.

Cuadro No. 5 Hongos asociados con lirio acuático <sup>1/</sup>

HONGO	GRADO DE INFECCION
Subdivisión:	
Ascomycetes	
Clase: Pirenomicetes	
1.- <u>Melanospora</u> sp.	Ninguno
Clase: Loculoascomycetes	
2.- <u>Leptosphaerulina</u> sp.	Ninguno
3.- <u>Didymella</u> <u>exigua</u>	Ninguno
4.- <u>Mycosphaerella</u> sp.	Ligero
Deuteromicetes	
Clase: Coelomicetes	
5.- <u>Phoma</u> spp.	Moderado a Ligero
6.- <u>Botryodiploidea</u> sp.	Ligero
Clase: Hifomicetes	
7.- <u>Mycoleptodiscus</u> <u>terrestris</u>	Ligero a Ninguno
8.- <u>Myrothecium</u> <u>cintum</u>	Ninguno
9.- <u>Epicoccum</u> <u>purpurasceus</u>	Ninguno
10.- <u>Alternaria</u> spp.	Ninguno
11.- <u>Aspergillus</u> spp.	Ninguno
12.- <u>Acremonium</u> ( <u>Cephalosporium</u> ) <u>zonatum</u>	Bueno a Excelente
13.- <u>Bipolaris</u> spp.	Bajo Investigación
14.- <u>Cercospora</u> sp.	Bueno
15.- <u>Cladosporium</u> sp.	Ninguno
16.- <u>Curvularia</u> <u>penniseti</u>	Ligero
17.- <u>Periconia</u> <u>echinochloae</u>	Ligero
18.- <u>Thysanophora</u> <u>longispora</u>	Ninguno

<sup>1/</sup> Control biológico de malezas acuáticas con hongos, en cooperación con la Universidad de Florida y la oficina de Jefes de Ingenieros, Washington, D.C., 1973.

#### 4.7.- Control Integrado.

El control integrado es la utilización de dos o más métodos de control en un sistema adecuado para mantener a las plagas (inclusive malezas) a niveles por debajo de su umbral económico (N.A.S., 1980).

Para emplear los diferentes métodos de control en forma inteligente, es necesario capitalizar la posibilidad de modificar los medios o trastornar los patrones fisiológicos y de comportamiento normales y reconocer el potencial para la incorporación de un control integrado y planeado de malezas acuáticas.

Si se considera la ecología de la maleza como la principal base racional para todos los métodos de control de malezas, las personas que deseen utilizar cualquier método de control, necesitan una amplia y especializada información ecológica para la aplicación eficiente de un método en particular (N.A.S., 1982).

Para disminuir la infestación de lirio acuático en los cuerpos de agua, es necesario utilizar más de un método de control para abatir de una manera significativa la población de la maleza en un cuerpo de agua, los métodos más utilizados para el control del lirio acuático son el químico, mecánico y con un gran potencial el control biológico. En el Cuadro No. 6, se pueden observar las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de control en lirio acuático.

Cuadro No. 6 Ventajas y Desventajas de los diferentes métodos de control en lirio acuático.

Ventajas	Desventajas
<b>CONTROL QUIMICO</b>	
Fácil aplicación.	Alto costo inicial.
Rápida muerte de la planta.	Algunos agentes son tóxicos o imparten mal sabor al agua.
Menos caro en un trabajo de conservación.	Puede dañar a especies inofensivas.
Seguro cuando es usado correctamente.	Puede permanecer en el cuerpo de agua (contaminación).
Puede ser selectivo en su aplicación y acción.	Necesario repetir aplicaciones.
<b>CONTROL BIOLOGICO</b>	
Bajo costo de aplicación y persistencia.	Investigación intensiva.
Poca contaminación producida.	Conveniente para especies relativamente nuevas.
Abarca áreas inaccesibles.	El establecimiento correcto de un huésped específico es muy crítico.
	Puede dañar a especies deseables.
<b>CONTROL MECANICO</b>	
No contamina.	Totalmente caro.
No daña a los peces.	Lento.
Remueve nutrientes.	Debe ser muy continuo.
Obtención de productos por su utilización.	Menos daño a la especie por lograr un buen éxito.
<b>CONTROL FISICO</b>	
No contamina.	Aplicable áreas pequeñas.
Control aceptable.	Alto costo.

## V.- USOS POTENCIALES DEL LIRIO ACUÁTICO.

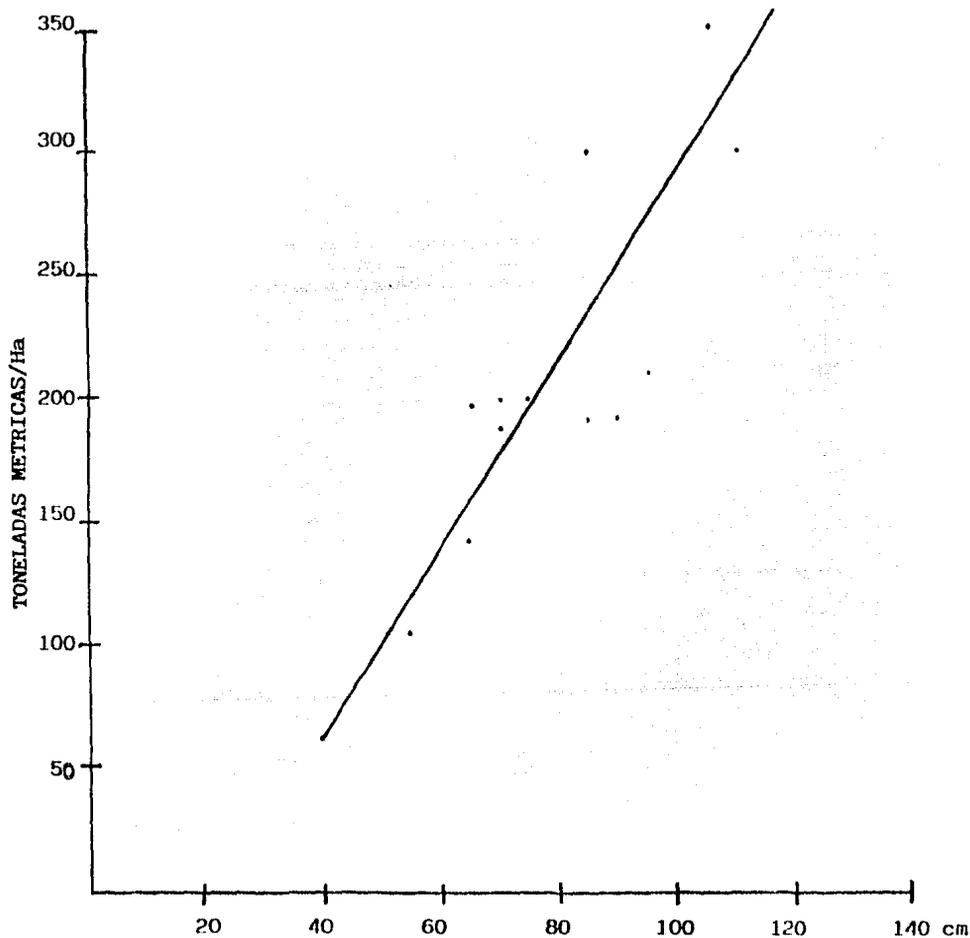
### 5.1.- Producción de biomasa.

Debido al rápido crecimiento del lirio acuático en los cuerpos de agua y los métodos mecánicos para recolectarlo, es factible obtener cantidades considerables de biomasa. El acelerado crecimiento de las poblaciones de Eichhornia crassipes se debe principalmente a las condiciones de eutroficación que se presentan en los cuerpos de agua del país y la ausencia de enemigos naturales para abatir en índice de crecimiento del lirio acuático (Niño y Lot, 1983).

Reddy y DeBusk (1984) determinaron que el crecimiento de Eichhornia crassipes tiene una influencia significativa con la estación del año, - cambios en temperatura y radiación solar.

En la Figura 2 se pueden observar las toneladas métricas/Ha de peso fresco que se obtienen con relación a la altura de la planta. La mayor cantidad de biomasa que se puede cosechar durante los meses de Mayo a Junio es un promedio de 101 Ton/Ha/semana en peso húmedo. Durante 7 meses de Abril a Octubre, se pueden cosechar 3 080 Ton métricas/Ha de peso fresco o bien 154 Ton métricas/Ha de peso seco (considerando que el lirio acuático posee aproximadamente 95% de humedad) (Wolverton y McDonald, 1979).

Figura 2 Estimación del peso húmedo/Ha del lirio acuático, basado en la longitud de la planta. La línea recta fué la apropiada por el análisis estadístico mínimo de cuadrados.<sup>1/</sup>



<sup>1/</sup> Wolverton y McDonald, 1979 . Water Hyacinth (Eichhornia crassipes)  
Productivity and Harvesting studies.

En Valsequillo, Puebla, se calculó un total de 438 000 Ton en peso fresco de lirio acuático en  $15 \text{ Km}^2$  (González, 1976).

Dymond (1949), Penfound y Earle (1948) y Westlake (1963) estimaron una producción anual de lirio acuático que va de 11 a 33 Ton/Ha en peso seco. Estudios posteriores por Wooten y Dodd (1976) encontraron una producción de 30 Ton de materia orgánica en solo 105 días.

Westlake (1963) estimó una producción potencial anual entre 110 y 150 Ton de materia orgánica/Ha/año, en regiones con clima tropical o subtropical (mencionado por Wolverton y McDonald, 1979).

Boyd (1976) estimó una producción de 108 Kg/Ha/día en peso seco de lirio acuático.

Tucker y DeBusk (citado por Reddy y DeBusk, 1984) determinaron una producción de biomasa de lirio acuático de 5.5 Ton/Ha/mes en peso seco, en estanques fertilizados artificialmente.

En estanques enriquecidos artificialmente en Florida, Estados Unidos, (Reddy y DeBusk, 1984) "sembraron" lirio acuático. Los estanques tienen una superficie de  $1.7 \text{ m}^2$ ; la densidad del lirio acuático fué de 6.8 a  $9.0 \text{ Kg/m}^2$  en peso húmedo, los estanques fueron fertilizados de la siguiente forma:  $\text{NH}_4\text{-N} = 10.5 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{NH}_3\text{-N} = 10.5 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{PO}_4\text{-P} = 3.1 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{K} = 23.0 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{Ca} = 20.0 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{Mg} = 5.0 \text{ mg/lt}$ ;  $\text{Fe} = 0.6 \text{ mg/lt}$

Cu = 0.2 mg/lt; Mn = 1.5 mg/lt; B = 0.04 mg/lt; Mo = 0.02 mg/lt; S = 3 mg/lt. El estudio duró un año. Cuando el lirio fué "cosechado", este se seco a una temperatura de 70 °C durante 48 hr y se determinó su peso seco, en el Cuadro No. 7 se puede observar la producción de biomasa en un año.

Cuadro No. 7 Producción de biomasa de lirio acuático en estanques fertilizados artificialmente.<sup>1/</sup>

Estación de Crecimiento	Lirio Acuático
	Biomasa producida Ton/Ha peso seco
Enero-Febrero	3.4
Marzo-Abril	20.0
Mayo-Junio	24.9
Julio-Agosto	27.7
Septiembre-October	14.8
Noviembre-Diciembre	15.2
Total	106.0

<sup>1/</sup> Reddy y DeBusk, 1984.

La mayor producción de biomasa se presentó durante los meses de Julio y Agosto, debido a las condiciones climatológicas que influyen de una manera directa en el desarrollo de la planta. La producción en un año es de 106 Ton/Ha en peso seco.

### 5.1.1.- ¿ Porqué la utilización del lirio acuático ?

Si se consideran los costos para controlar la proliferación del li rio acuático en los cuerpos de agua en el país y los daños que esta maleza ocasiona, asociado a su extraordinario potencial de desarrollo y - facilidad de dispersión, la producción de biomasa y la característica de poder de absorción natural de elementos químicos que de acuerdo al tipo y condiciones del cuerpo de agua y aprovechando los tipos de control mecánico para el control del lirio acuático, esta maleza acuática puede ser aprovechada para diferentes usos como pueden ser: complemento alimenticio para humanos y animales; mejorador y/o acondicionador de - suelos; obtención de material para celulosa; obtención de energía; tratamiento de aguas residuales y otros.

### 5.2.- Como complemento en la alimentación humana.

Para el aprovechamiento potencial del lirio acuático en la alimentación humana, se debe considerar que el cuerpo de agua donde se desarro lla esta maleza no se encuentre contaminado por aguas negras u otros agentes; ya que esto podría limitar de una manera muy significativa, su aprovechamiento potencial en el consumo humano.

Boyd (1968) determinó 16% de proteína cruda, 26% de celulosa, un 8% de carbohidratos totales disponibles (TAC), 3.5% de grasa, 17% de ce niza y 3.6% Kcal/g de contenido calorífico.

Wolverton y McDonald (1978) estudiaron diferentes parámetros relacionados con la composición nutricional del lirio acuático en aguas residuales domésticas. Las hojas, tallos y raíces fueron separados y se secaron a una temperatura de 100 °C durante 24 hr, posteriormente se procedió al análisis de vitaminas, minerales, amino ácidos, ceniza, fibra y grasa.

En el Cuadro No. 8 se pueden observar las vitaminas y minerales que se evaluaron en las hojas de lirio acuático.

Cuadro No. 8 Diversas vitaminas y minerales evaluados en las hojas de lirio acuático.<sup>1/</sup>

Vitaminas y Minerales	Concentración, Peso Seco
Tiamina HCl ( B <sub>1</sub> )	5.91 ppm.
Riboflavina ( B <sub>2</sub> )	30.70 ppm.
Vitamina E	206 ppm.
Vitamina B <sub>6</sub>	15.20 ppm.
Vitamina A	2.45 ppm.
Acido Nicotínico	74.40 ppm.
Acido Pantoténico	55.60 ppm.
Pepsinas digestibles	67.0 %
Xantofila	485 ppm.
Vitamina B <sub>12</sub>	0.0126 ppm.
	(raíces: 0.682 ppm.)

<sup>1/</sup> Wolverton y McDonald, 1978.

Posiblemente pueda haber una mayor concentración de vitaminas en

otras partes de la planta. Por ejemplo, las raíces contienen 50 veces más de vitamina B<sub>12</sub> que la que se encuentra en las hojas.

En los Cuadro 9, 10 y 11 se observan diferentes parámetros relacionados con el valor alimenticio del lirio acuático.

Cuadro No.9 Recomendación en la dieta diaria de vitaminas y minerales comparado con el peso seco de las hojas del lirio acuático en crecimiento en aguas residuales domésticas.<sup>1/</sup>

Vitamina/Mineral	U.S. recomendación dieta diaria.	Contenido por 100 g en peso seco de las hojas de lirio acuático.
Tiamina	1.5 mg. <sup>1</sup>	0.591 mg.
Riboflavina	1.7 mg.	3.07 mg.
Niacina	20.0 mg.	7.94 mg
Acido Pantoténico	10.0 mg.	5.56 mg.
Vitamina E	30.0 I.U.	20.6 I.U.
Vitamina B <sub>6</sub>	2.0 mg.	1.56 mg
Vitamina B <sub>12</sub>	6.0 mg.	1.26 mg
Calcio	1.0 g.	0.756 g
Hierro	18.0 mg.	14.3 mg
Fósforo	1.0 g	0.927 g
Magnesio	400.0 mg	849.0 mg
Zinc	15.0 mg	2.3 mg
Cobre	2.0 mg	0.8 mg
Sodio	0.2-4.4 g	1.83 g
Potasio	3.3 g	3.60 g
Azufre	0.85 g	0.45 g

<sup>1/</sup> Wolverton y McDonald, 1978.

Cuadro No. 10 Aminoácidos presentes en las hojas y tallos de lirio acuático (Gramos/100 g) de peso seco.<sup>1/</sup>

Aminoácido	Hojas	Tallos
Aspártico	3.77	5.71
Glutámico	3.45	1.93
Alanina	1.94	0.67
Isoleucina *	1.46	0.54
Fenilamina *	1.70	0.59
Treonina *	1.36	0.94
Prolina	1.88	0.62
Valina *	1.74	0.58
Leucina *	2.54	0.85
Histidina	0.69	0.23
Arginina	1.64	0.50
Serina	1.28	0.50
Glicina	1.61	0.59
Metionina *	0.44	0.14
Tirosina	1.06	0.37
Lisina *	1.78	0.54
Cistina	0.409	0.122
Triptofano *	0.309	0.167

\* Aminoácidos esenciales.

<sup>1/</sup> Wolverton y McDonald, 1978.

Cuadro No. 11 Aminoácidos en proteínas de granos, comparados con hojas de lirio acuático (peso seco).<sup>1/</sup>

Aminoácidos	Patrón de Referencia FAO *	Gramos/100 g de proteína					Hojas de lirio acuático
		Maíz	Arroz	Avena	Trigo	Sorgo	
Lisina	4.2	0.8	3.5	4.0	2.6	1.8	5.7
Metionina+Cistina	2.2	3.6	3.4	4.8	3.6	3.0	2.7
Treonina	2.8	4.1	3.3	3.6	3.0	3.6	4.3
Isoleucina	4.2	6.4	4.5	4.0	3.4	4.5	4.7
Leucina	4.8	15.0	8.0	7.1	6.8	11.6	8.3
Valina	4.2	5.3	5.4	5.1	4.6	5.4	5.6
Fenilamina +							
Triptofano	5.6	13.1	10.3	5.4	7.6	5.2	8.8
Triptofano	1.4	-	0.6	0.9	1.1	0.8	1.0
Histidina	-	-	2.2	2.2	2.3	2.0	2.2
Arginina	-	-	7.8	6.1	4.7	3.4	5.2

\* Burton, B.T., 1976. Nutrición humana Magraw-Hill Co., Nueva York, p. 162.

<sup>1/</sup> Wolveron y McDonald, 1978.

Comparando la composición de los aminoácidos de las hojas del lirio acuático en el Cuadro No. 11 con la de los granos básicos y el patrón de referencia de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), el lirio acuático puede ser aprovechado para la alimentación de humanos.

El lirio acuático puede llegar a ser un excelente complemento alimenticio para humanos, debido a su composición en proteínas, vitaminas y minerales las cuales son aceptables. El alto contenido de humedad de E. crassipes (95%) puede ser una limitante para que ésta especie se comercialice a gran escala. Sin embargo en poblaciones rurales pequeñas, 3 Kg de hojas frescas de lirio acuático pueden proveer de las proteínas, minerales y vitaminas requeridas en la dieta diaria para humanos (Wolverton y McDonald, 1978).

### 5.3.- Como complemento en la alimentación animal.

El sector pecuario nacional, afronta problemas muy serios como es la escasez de pastos durante la época de estiaje, principalmente en la región Centro-Norte del país que frecuentemente sufre intensas sequías. Una solución a este problema, podría ser la utilización de vegetales a bajo costo y fácil adquisición, como es el caso del lirio acuático. Con su uso, no solo se solucionarían en gran parte los problemas que causan la escasez de forrajes, sino que se reducirían los costos de producción de una empresa pecuaria por concepto de alimentación.

Se ha encontrado que los principales limitantes para el aprovechamiento del lirio acuático, son su alto contenido de humedad (95%) y su rápido deterioro, así como su putrefacción. Como forraje, su riqueza nutritiva es aceptable e incluso superior a la del maíz.

La utilización del lirio acuático como alimento forrajero, se ha practicado desde hace varios años en México, pero inadecuadamente. Con lirio acuático se ha alimentado: ovinos, porcinos, bovinos, conejos y aves (Contreras, M., 1982).

De acuerdo a las diferentes características físico-químicas de los cuerpos de agua en México, el desarrollo del lirio acuático y su contenido de nutrientes tiene grandes variaciones, como se observa en los Cuadros 12 y 13, con las características de la Presa Endho, Estado de Hidalgo.

Cuadro No. 12 Características químicas del lirio acuático en la Presa Endho, Estado de Hidalgo.<sup>1/</sup>

Planta * Parámetro	Hojas	Bulbos	Raíz	Tallo	Planta Completa	
B pH	6.18	5.7	5.43	5.77	5.20	H
A Humedad	83.62	89.90	88.10	78.20	88.10	U
S Nitrógeno	1.94	0.60	0.91	0.75	1.17	M
E Proteína	12.18	3.65	5.17	4.72	4.84	E
Carbono	4.06	1.52	3.13	2.94	1.53	D
Materia Org.	6.96	2.61	5.39	5.05	2.64	A
B Cenizas	12.17	7.6	9.86	8.78	11.39	S
A Nitrógeno	2.12	2.20	1.62	1.80	2.19	E
S Proteína	13.30	13.94	10.21	11.27	11.85	C
E Carbono	31.76	23.52	27.21	24.41	28.15	A
Materia Org.	54.67	47.65	46.80	42.00	48.46	
Grasa	1.71	1.77	0.83	1.00	2.40	
Fibra Cruda	-	15.30	-	-	38.07	

\* Unidades en %, excepto pH.

<sup>1/</sup> Estudio Biológico del Lirio Acuático. DGPOE. SARH. 1977.

Cuadro No. 13 Composición proximal de distintas muestras de lirio acuático (en base seca).<sup>1/</sup>

Procedencia	Proteína %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	E.L.N. %
San Luis Xochimilco	23.12	1.01	15.27	22.78	37.82
Ocotlán, Jalisco (bulbos y hojas)	23.12	1.29	19.88	16.94	38.77
La Piedad, Michoacán (bulbos y hojas)	20.34	1.30	13.75	34.66	29.95
Briseño, Jalisco (bulbos y hojas)	19.13	1.18	18.87	25.09	35.73
Pátzcuaro, Michoacán	17.43	0.78	25.91	19.80	36.08
La Luz Jacona, Michoacán (raíz)	16.87	0.35	24.12	22.40	26.26
Tabasco	16.75	2.32	11.33	25.54	44.06
Valsequillo, Puebla	11.80	1.00	20.80	14.80	51.60
San Gregorio					
Atlapulco, México	11.15	1.76	24.67	22.87	39.55
Los Belenes, Jalisco	9.00	2.26	19.17	21.36	48.21
Presa Solís, Guanajuato	9.12	1.04	15.43	16.16	58.25
Presa Orandino, Michoacán	8.56	0.47	20.74	33.40	33.83
Presa Endho, Hidalgo	7.50	0.64	16.18	25.92	49.76
Buenavista, Jalisco (bulbos y hojas)	6.18	0.66	20.12	14.82	58.22

<sup>1/</sup> Rodríguez, G., 1980.

Bagnall, et al (1973) al ensilar lirio acuático, con un contenido de humedad menor al 90%, mezclado con un aditivo de carbohidratos libres, con el objeto de producir una fermentación aceptable; encontraron que la adición del 4% de pulpa de cítricos junto con maiz quebrado, fué la más recomendable. En este mismo estudio se observó que con la adición de estos aditivos, la materia seca se incrementó debido a que estos aditivos contenían menor humedad que el lirio acuático.

Baldwin, et al (1975) al ensilar lirio acuático con 4% de pulpa de cítricos y 0.5% de melaza de caña; comparandolo con un ensilado a base de pasto pangola con los mismos aditivos, encontraron que el consumo de materia seca del ensilado de pasto pangola fué mayor que para el ensilado de lirio acuático. La materia orgánica y la proteína cruda fueron más altos para el ensilado de pasto pangola. La composición química del ensilado del lirio acuático fué similar al ensilado del pasto pangola, - excepto por los valores en cenizas y la proteína cruda que fué más alta en el ensilado del lirio acuático. En cuanto a la digestibilidad, el ensilado del lirio acuático resultó ser menor.

Byron, et al (1975) evaluaron los efectos de la adición de los ácidos acético y fórmico y un producto comercial que contenía el 80% de - ácido propiónico y un 20% de ácido acético, sobre la capacidad de ensilaje del lirio acuático y el consumo voluntario del ganado; observaron que este consumo voluntario en los ensilados tratados con los productos antes mencionados, mejora conforme la concentración de ácido láctico se

incrementa y el pH disminuye. Los tratamientos con alto contenido de ácido fórmico fueron los más aceptados por el ganado.

Reyes (1977) al alimentar pollos de engorda con harina de lirio acuático (bulbos y hojas), determinó que es factible el empleo de un 5% de harina de lirio acuático sin detrimento de la ganancia de peso de la conversión alimenticia. El uso de niveles más altos se ve limitado por el alto contenido de fibra, el bajo contenido de energía metabolizable, posiblemente la palatabilidad de la harina de lirio acuático o bien el exceso de saponinas o minerales.

Contreras y Sánchez (1980) proponen el aprovechamiento del lirio acuático fermentado para la alimentación de cerdos. La alta proporción de fibra cruda (12.6%) que presenta en su composición el lirio acuático, así como la presencia de hemicelulosa hacen difícil su aprovechamiento por parte del cerdo. Un proceso primario consiste en tritularlo y mezclarlo con salvados y cascarilla de arroz. Otro proceso más elaborado consiste en fermentarlo con esquilmos agrícolas, de esta manera además de degradar la cantidad de fibras para facilitar la asimilación, se eliminan agentes patógenos que podrían causar problemas a los cerdos. Primero se tritura el lirio para aumentar así la superficie de acción para la fermentación, después se coloca el lirio picado y revuelto con salvado en un fermentador agregando un poco de levadura y revolviendo la mezcla, se tapa con plástico para su fermentación, de esta manera y dependiendo de la temperatura que alcance el fermentado, se puede obtener el alimento para los cerdos en 36 a 48 hr.

El lirio acuático ha sido utilizado en China para la alimentación de cerdos de un 5 a 10% del total de la dieta (Bin Mahmud, mencionado por Becerril, 1983).

Contreras, H. (1983) al alimentar conejos con lirio acuático, pasto rhodes y otros elementos, determinó, que las raciones solamente man tuvieron el peso de los animales al darse en forma de una sola mezcla harinosa, ya que los conejos seleccionaron el alimento, ocasionando gran pérdida de forraje. Lo que recomienda es mezclar y peletizar la ración, para evitar dicha selección y pérdida.

#### 5.3.1.- El lirio acuático como forraje.

El aprovechamiento forrajero del lirio acuático ha sido de diversas maneras: al natural; deshidratado (harina de lirio); achicalado; fermentado (ensilado) y un alimento balanceado (concentrado).

El alimento concentrado se ha elaborado a nivel experimental, mezclando el lirio acuático picado, seco y con melaza de caña, complementado con vitaminas y minerales. El ensilado de lirio acuático aunado al ensilado de otros productos, el grano de maíz fundamentalmente, puede formar la base de la alimentación del ganado y ayudar de esta manera a que durante la época de estiaje, el ganado se mantenga no sólo en buen estado, sino en producción. El ensilado del lirio acuático, ofrece valores nutricionales superiores a los del forraje de maíz, su contenido en sales minerales es superior a los de la alfalfa, la proteína cruda

es también superior, lo referente a grasas en comparación con el maíz - no existe una diferencia significativa, no así en cuanto a los azúcares, por lo que se puede emplear melaza de caña (Tejeda, 1974).

#### 5.3.1.1.- Aprovechamiento del lirio acuático al natural.

En las riberas de los lagos o presas infestados de lirio acuático, es común observar ganado bovino que se alimenta directamente de la planta en las épocas de estiaje. Este manejo del ganado logra solamente, la subsistencia de los animales, sus rendimientos en producción son muy bajos y no se obtienen utilidades si se considera el valor de los animales y las horas hombre que se invierten en cuidarlos.

#### 5.3.1.2.- Aprovechamiento del lirio acuático deshidratado (harina de lirio).

Este procedimiento consiste en eliminar la mayor cantidad de humedad del lirio acuático (95%) a niveles en los cuales se pueda picar y moler para complementar las dietas en la alimentación del ganado.

El lirio acuático tiene un porcentaje de proteínas que varía entre 6 y 19% en base seca; y 12% en fibra cruda. Esta diferencia, depende del tipo de cuerpo de agua donde se desarrolla el lirio acuático, la época del año, así como la edad de la planta (Bravo y Rodríguez, 1972).

Se han realizado experimentos para evaluar la digestibilidad aparente de la harina del lirio acuático para los borregos, observándose una digestibilidad aparente de proteína cruda de 63.5% (Rodríguez, 1980). En la prueba con borregos, se utilizaron animales con un peso inicial de 23 Kg previamente desparasitados y trasquilados. Los tratamientos consistieron en una substitución progresiva de harina de alfalfa por harina de lirio acuático, de acuerdo al siguiente esquema y Cuadro No. 14.

	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Harina de lirio %	-	20	40	60	80	100
Harina de alfalfa %	100	80	60	40	20	-

Cuadro No. 14 Composición de las dietas experimentales.<sup>1/</sup>

Ingredientes	Tratamientos ( % )					
	1	2	3	4	5	6
Harina de lirio	-	15.0	30.0	45.0	60.0	75.0
Harina de alfalfa	75.0	60.0	45.0	30.0	15.0	-
Harinolina	15.0	15.4	15.8	16.2	16.7	17.4
Sorgo	7.6	7.2	6.8	6.4	5.9	5.2
Vit. y Min.	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

<sup>1/</sup> Rodríguez, 1980.

Los borregos alimentados con el tratamiento testigo, con 75% de al falfa y los alimentados con el 15% de harina de lirio, las ganancias de peso y conversión alimenticia, así como el consumo de alimento, fueron muy similares. Consumiendo los del tratamiento testigo 1.800 Kg diariamente y los del tratamiento base de 15% de harina de lirio 1.879 Kg con una ganancia diaria de peso de 0.213Kg y de 0.217Kg respectivamente. El nivel con 30% de harina de lirio acuático, mostro ganancias de peso totalmente inferiores, además de una reducción en el consumo de alimento. Los animales del tratamiento a base del 45% de harina de lirio acuático, Tuvieron ganancias de peso muy reducidas y el consumo de alimento se redujo en casi un 60% respecto al tratamiento testigo. Los borregos de los tratamientos con 60% y 75% a base de harina de lirio acuático respectivamente, fueron retirados del experimento, a los 44 días de iniciada la prueba debido al bajo consumo de alimento refléjandose en una desnutrición. Probablemente la disminución de consumo de alimento y de ganancia de peso se halla afectada por el factor energético, ya que el - contenido fué bajo, siendo de un 56% del total de nutrientes digestivos para el tratamiento testigo.

Es posible utilizar al lirio acuático a niveles que no sean mayores del 15% de harina de lirio acuático, ya que al aumentar el porcentaje de la harina de lirio, trae como consecuencia una disminución en el consumo de alimento lo cual se refleja en una poca ganancia de peso (Rodríguez, 1980).

Becerril (1983) utilizó lirio acuático para la alimentación de cabrillas de 2 meses de edad, se cosechó el lirio acuático de la Presa Requena, Estado de Hidalgo, se deshidrató al sol durante un periodo de 4 semanas se picó y se molió, mezclándose con los siguientes ingredientes: alfalfa achicalada; sorgo; harinolina; melaza; gallinaza; vitaminas y - minerales. La composición de los tratamientos, se observa en el Cuadro No. 15.

Cuadro No. 15 Raciones experimentales. Consumo de alimento por animal por día ( Kg ). <sup>1/</sup>

Componentes	Tratamientos		
	A	B	C
Lirio acuático	0.143	0.214	0.000
Alfalfa achicalada	0.000	0.000	0.143
Sorgo	0.318	0.238	0.315
Harinolina	0.170	0.170	0.170
Melaza	0.120	0.120	0.120
Gallinaza	0.080	0.080	0.080
Vit. y Min.	0.050	0.050	0.050

<sup>1/</sup> Becerril, 1983.

El mejor tratamiento fué el B que incluía 30% de lirio acuático en un periodo de 90 días las cabrillas obtuvieron un peso de 19.250 Kg. El tratamiento C (testigo) fué el segundo, alcanzando las cabrillas un peso de 19.000 Kg y el tratamiento A con 15% de lirio acuático se observó la menor ganancia en peso la cual fué de 16.750 Kg de los animales.

### 5.3.1.3.- Aprovechamiento del lirio acuático achicalado.

El lirio acuático achicalado o secado al sol, tiene cerca del 10% de proteína y un 15% de fibra que lo ponderan como excelente paja o ras trojo, tiene una rápida y abundante capacidad de absorción que permite usarlo como cama en establos, el problema es encontrar el manejo adecu do para obtener una gran capacidad de producción (D.G.A.F., 1977).

### 5.3.1.4.- Aprovechamiento del lirio acuático fermentado (ensilado).

El aprovechamiento del lirio acuático ensilado, tiene el mejor de los futuros entre los rumiantes y el ganado porcino, por su valor ali- menticio (nutritivo, digestivo y palatable) (D.G.A.F., 1977).

En la Presa "Manuel Avila Camacho", Puebla, en el poblado de San Miguel Tetela, se contruyeron 8 microsilos de un volúmen de  $1.0 \text{ m}^3$  a - una distancia entre cada uno de ellos de 1.0 m. El terreno en su mayor parte, es de textura arcillosa, sobre todo hacia la orilla de la Presa.

El lirio cosechado de esta presa (aproximadamente 32 Ton en total), fué colocado sobre un piso de piedra y extendido en pequeñas capas con el objeto de secarlo al sol hasta lograr una humedad del 70% durante 6 días. Una vez que el lirio acuático tuvo la humedad deseada (70%), fué cortado en trozos por una picadora mecánica con el objeto de facilitar el llenado de los microsilos y aumentar la cantidad de materia seca de éstos (Muciño, 1981).

La capacidad de cada microsilo fué de 700 Kg aproximadamente de acuerdo al Cuadro No. 16.

Cuadro No. 16 Distribución de los componentes en los microsilos. <sup>1/</sup>

No. de Silo	Componentes	% de Inclusión
1 <sub>A</sub> y 1 <sub>B</sub>	Lirio acuático picado *	86
	Pulpa de cítricos *	10
	Cal	4
2 <sub>A</sub> y 2 <sub>B</sub>	Lirio acuático picado *	86
	Carbón vegetal	10
	Cal	4
3 <sub>A</sub> y 3 <sub>B</sub>	Lirio acuático picado *	86
	Melaza de caña	10
	Cal	4
4 <sub>A</sub> y 4 <sub>B</sub>	Lirio acuático picado *	90
	Cal	10

\* Contiene 70% de humedad.

<sup>1/</sup> Muciño, 1981.

El llenado de los microsilos se hizo siempre empezando y terminando con una capa de cal para todos los tratamientos. La pulpa de cítricos fué intercalada abajo, en la mitad y encima de las capas de lirio acuático picado de la misma manera que se distribuyeron las capas de carbón

vegetal. La melaza se adiciona en la mitad y arriba de las capas de lirio acuático picado, como se observa en el Cuadro No. 17.

Cuadro No. 17 Situación de los componentes dentro de los microsilos.<sup>1/</sup>

Silo 1 <sub>A</sub> y 1 <sub>B</sub>	Silo 2 <sub>A</sub> y 2 <sub>B</sub>	Silo 3 <sub>A</sub> y 3 <sub>B</sub>	Silo 4 <sub>A</sub> y 4 <sub>B</sub>
Cal	Cal	Cal	Cal
Pulpa de cítrico	Carbón vegetal	Melaza de caña	
Lirio acuático	Lirio acuático	Lirio acuático	Lirio acuático
Pulpa de cítrico	Carbón vegetal	Melaza de caña	
Lirio acuático	Lirio acuático	Lirio acuático	Lirio acuático
Pulpa de cítrico	Carbón vegetal		
Cal	Cal	Cal	Cal

<sup>1/</sup> Muciño, 1981.

Una vez terminada la labor de llenado de cada microsilo que se realizó en un solo día se procedió a taparlo con un plástico de tal manera que no se permitiera la entrada de tierra a éste. Posteriormente se cubrió de tierra con el objeto de ejercer mayor presión y evitar una fermentación aeróbica. Los microsilos fueron destapados después de 45 días de fermentación. Se tomaron muestras de cada microsilo considerando 4 - diferentes profundidades ( 25, 50, 75, y 100 cm ), para analizarlas. Se realizaron pruebas estadísticas para evaluar los nutrientes presentes en los cuatro tratamientos, los resultados se observan en el Cuadro No. 18.

Cuadro No. 18 Comparación de los nutrientes en los diferentes tratamientos.<sup>1/</sup>

Nutrientes ( % )	Tratamientos			
	1	2	3	4
Materia seca	26.24	24.52	33.87	13.59
Proteína cruda	10.31	13.43	14.05	7.03
Ceniza	19.69	29.41	34.92	48.90
Fibra cruda	12.21	15.49	12.61	17.28
Total nutrientes digestibles	61.80	52.00	50.05	37.71

<sup>1/</sup> Muciño, 1981.

El mejor tratamiento y el más recomendable, es el tratamiento 1.

#### 5.3.1.5.- Aprovechamiento del lirio acuático en alimentos balanceados.

Para preparar el producto balanceado para rumiantes, es necesario: lirio acuático seco y picado, melaza de caña, urea y bicarbonato.

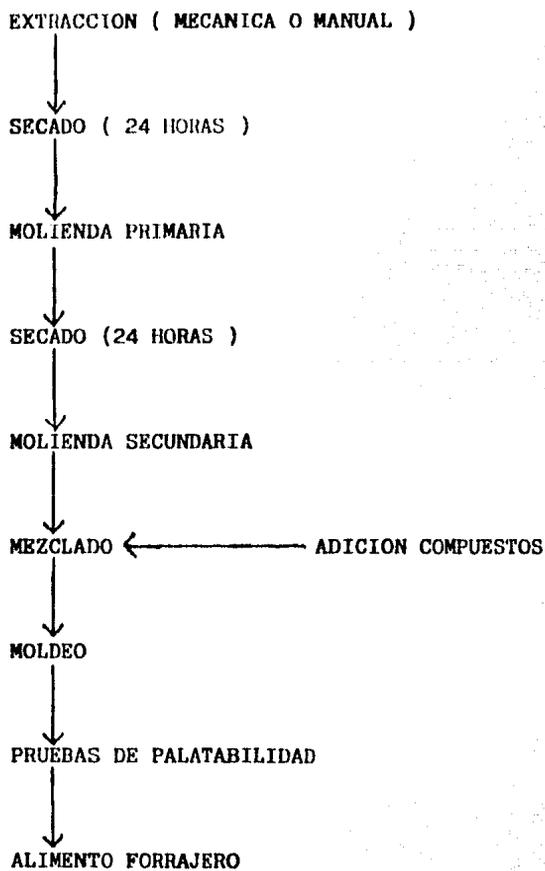
Después de ser "cosechado", el lirio acuático, se seca al sol durante 24 hr (se corta y desgarras manualmente para que pierda humedad), después el material pasa por un molino de cuchillos y contracuchillos, el material se seca al sol durante 24 hr, el material picado pierde 40% de humedad (la exposición al sol reduce el contenido de carotenos y por lo tanto de vitaminas). La segunda molienda se realiza en un molino de martillos, esto facilita la impregnación de la melaza, el porcentaje de hu

medad se reduce a un 25%. En una mezcladora de paletas, alimentada por medio de un elevador de gusano y una bomba de engranes, permite la dosificación del lirio acuático, melaza y complemento alimenticio.

Después se preparan pequeñas pacas para facilitar el transporte y el almacenamiento. En las pruebas de palatabilidad se elaboran comprimidos de 3.5 cm por lado. La fórmula base del alimento es: 74.4% de lirio acuático, 25.0% de melaza, 0.5% de urea y 0.1% de bicarbonato. Observándose mejores resultados con: 65.5% de lirio acuático, 32.2% de melaza, 1.5% de urea y 0.8% de bicarbonato o bien 50.2% de lirio acuático, 25.4% de alfalfa, 23.5% de melaza y 0.7% de urea. El consumo por animal es de 1 a 1.5 Kg por cada 50 Kg de peso vivo (Contreras, M., 1982).

En la Figura 3 se observa la secuencia para la elaboración de producto balanceado para rumiantes.

Figura 3 Secuencia de elaboración del producto balanceado para rumiantes. <sup>1/</sup>



<sup>1/</sup> Contreras, M., 1982.

#### 5.4.- Como mejorador y/o acondicionador de suelos.

##### 5.4.1.- La materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica (M.O.) del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y de organismos vivos o muertos del suelo. En forma general se ha indicado que los suelos orgánicos contienen más del 20% de M.O. Los suelos minerales con suficiente M.O. permiten una labranza eficiente. La materia orgánica, mejora la condición estructural tanto de los suelos arenosos como arcillosos. El bajo grado de cohesión y plasticidad de la materia orgánica, afloja a los suelos de textura fina al compensar la alta cohesión y plasticidad de la arcilla.

Los suelos arenosos que tienen muy poca cohesión y plasticidad son ligados por la materia orgánica. Un buen abastecimiento de materia orgánica también mejora la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos.

Varios macronutrientes que sirven de alimento a las plantas como el nitrógeno, fósforo y azufre son constituyentes de la materia orgánica. Más del 99 % del nitrógeno total, del 33 al 67% de fósforo total y alrededor del 75% del azufre total se encuentran en la materia orgánica del suelo. Estos nutrientes llegan a una condición aprovechable a través de las actividades de la descomposición (Ortiz y Ortiz, 1984).

Aproximadamente del 75% o aún más (95% en el caso del lirio acuático), del tejido vegetal de las plantas superiores es agua. La materia seca está formada de C, O, H, N y elementos minerales. Aunque el 90% de la materia seca es C, O e H, los otros elementos juegan un papel importante en la nutrición vegetal. La composición existente en los tejidos vegetales se observa en el Cuadro No. 19.

---

Cuadro No. 19 Compuestos orgánicos de los tejidos vegetales y cambios que sufren en el suelo.<sup>1/</sup>

---

1.- Compuestos comunes en los tejidos vegetales frescos.

<u>De descomposición difícil</u>	<u>De descomposición fácil</u>
Lignina	Celulosa
Aceites	Almidones
Grasas	Azúcares
Resinas, etc.	Proteínas, etc.

2.- Complejos intermedios, productos de desintegración.

<u>Compuestos resistentes</u>	<u>Compuestos de descomposición</u>
Resinas	Aminoácidos
Ceras	Amidas
Aceites y Grasas	Aldehídos

3.- Productos de descomposición del suelo.

<u>Complejos resistentes</u>	<u>Restos simples</u>
Humus (complejo coloidal) en el cual el lignoprotei- nado es importante.	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O
	NO <sub>3</sub>
	SO <sub>4</sub>
	PO <sub>4</sub> y compuestos de Ca, etc.

---

<sup>1/</sup> Ortiz y Ortiz, Edafología, 1984.

#### 5.4.2.- Importancia de la materia orgánica en el suelo.

1) Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua. La escorrentía y la erosión se reducen habiendo mayor cantidad de agua aprovechable para el mejor desarrollo de las plantas.

2) La descomposición de la materia orgánica produce sustancias aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo.

3) La materia orgánica fresca suministra alimento para los organismos del suelo. Algunos animales excavan en el suelo permitiendo así a las raíces obtener oxígeno y liberar el  $CO_2$  al irse desarrollando las plantas. La materia orgánica favorece las relaciones adecuadas de aire y humedad para muchos organismos a través de su efecto en la estructura del suelo.

4) Los residuos orgánicos sobre la superficie del suelo reducen las pérdidas del suelo debido a la erosión éolica.

5) Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan al suelo más caliente en invierno.

6) Las pérdidas de agua por evaporación son menores cuando se dispone de cubiertas de residuos orgánicos enl suelo.

7) La descomposición de materia orgánica produce diferentes nutrientes para el desarrollo de las plantas. Estos nutrientes son liberados y satisfacen las necesidades de las plantas, cuando las condiciones son favorables para una rápida descomposición de nutrientes de la materia orgánica.

8) Un suelo con alto contenido de materia orgánica tiene mayor capacidad de retener agua aprovechable para el desarrollo de las plantas en el mismo tipo de suelo con menos materia orgánica.

9) Los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición de la materia orgánica ayudan a solubilizar nutrientes a partir de minerales y hacerlos más accesibles para el desarrollo de las plantas.

10) El humus (materia orgánica descompuesta) constituye un almacén para los cationes intercambiables y aprovechables: K, Ca y Mg. Temporalmente el humus también retiene al amonio intercambiable y aprovechable.

11) La materia orgánica tiene una función especial en hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en suelos ácidos.

#### 5.4.3.- El humus en el suelo.

El humus es la materia orgánica que ha sufrido una descomposición extensiva y que es bastante resistente a cualquier alteración posterior, es la fracción activa de la materia orgánica del suelo (Foth, 1979 y Ortiz, 1984).

La relación C/N del humus agrícola es relativamente constante con valores de 10:1 a 12:1. En suelos forestales el humus podría tener una relación de C/N de 20:1 a 30:1.

El humus es altamente coloidal como la arcilla pero es amorfo y no cristalino. El área superficial y capacidad adsorptiva del humus es mucho mayor que la de la arcilla.

Las arcillas del suelo absorben solamente del 15 al 20% de agua de una atmósfera saturada, pero el humus absorbe del 80 al 90% de agua bajo las mismas condiciones. La baja cohesión y plasticidad del humus mejora las condiciones estructurales desarrolladas en los suelos de textura fina por las grandes cantidades de arcilla. El humus es de color negro; el color de los suelos superficiales a menudo se relaciona con el contenido de humus.

El humus contiene aproximadamente el 5% de nitrógeno y el 60% de carbbono y tiene una capacidad de intercambio de cationes de 4 a 7 veces mayor que los coloides minerales de la arcilla.

En regiones húmedas no puede mantenerse el contenido de materia orgánica del suelo bajo un sistema de labranza continuo (Ortiz y Ortiz, 1984).

El elevado contenido de lignina y protefina en el humus del suelo es de particular importancia. Normalmente las proteínas se descomponen

con facilidad en los suelos y el aumento en proteínas durante la formación del humus se puede explicar por el hecho de que los complejos nitrogenados se vuelven resistentes a una descomposición rápida posterior.

El humus es prácticamente insoluble en agua, aunque una parte puede formar una suspensión coloidal en el agua pura. Es soluble en gran cantidad de álcali diluido y algunos de sus constituyentes se pueden disolver en soluciones ácidas.

Otra propiedad importante del humus es su alta capacidad de intercambio catiónico. El intercambio catiónico está asociado con algunos grupos químicamente activos, tanto en la materia orgánica viviente como en la muerta. Uno de los grupos de los más importantes es el carboxilo ( $-COOH$ ). Los sitios de intercambio catiónico adsorben cationes tales como: Ca, Mg, K y de esta manera, el humus activa de modo similar a la arcilla al retener los nutrientes asimilables (Foth y Turk, 1979).

El humus tiene una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 150 a 130 meq/100 g mientras que la mayoría de las arcillas varían de 8 a 100 meq/100 g de CIC (Ortiz y Ortiz, 1984).

#### 5.4.4.- Composta.

La formación de la composta se realiza apilando los materiales orgánicos y manteniendo en la pila relaciones favorables de humedad aireación y temperatura. A medida que la materia orgánica se descompone, gran

parte del carbono, del hidrógeno y del oxígeno son liberados en forma de dióxido de carbono y de agua. Los nutrimentos como el nitrógeno son vueltos a usar repetidamente por la microflora y son conservados. De esta - manera, aunque haya una pérdida de carbono, la cantidad de nitrógeno permanece constante, lo cual da como resultado una disminución en la propor- ción de carbono a nitrógeno. El hijo contenido de nitrógeno de los mate- riales que entran en la formación de la composta puede retardar grande- mente la velocidad con que se efectúe la descomposición y por esta razón se añade cierta cantidad de fertilizante nitrogenado (Foth y Turk, 17 ).

El proceso para elaborar composta es relativamente fácil y sin ne- cesidad de emplear equipos sofisticados y caros, para llevarlo a cabo - en pequeña o gran escala. La composta usualmente contiene de 1.5 a 4% de nitrógeno, 0.5 a 1.5% de fósforo y de 1 a 2% de potasio (N.A.S., 1976).

#### 5.4.5.- Degradación de la materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica es en primer lugar un proceso biológico que implica a los organismos del suelo. Algunas actividades químicas como la hidrólisis y solución; y cambios físicos, también ocurren. Las clases de organismos del suelo activos en el proceso de descomposición se deben a la naturaleza química de los residuos orgánicos y condiciones del suelo.

Las plantas absorben la mayoría de sus nitratos y minerales en el primer período de desarrollo. De este modo los materiales más jóvenes se degradan más rápidamente que los tejidos más viejos debido al balance favorable de nutrimentos.

Varias condiciones del suelo afectan la descomposición microbiana del material orgánico, el rango óptimo de temperatura es entre 21 y 38 °C. Las temperaturas fuera de este rango retardarán la actividad de los organismos del suelo. Los organismos del suelo también son afectados por los niveles de humedad. Si una cantidad excesiva de agua está presente en el suelo, el número y clases de organismos benéficos en la descomposición decrecen debido a una aereación deficiente. Sin embargo los organismos del suelo prosperan a más bajos niveles de humedad que las plantas superiores. Las bacterias y actinomicetos son los organismos encargados de la descomposición en los suelos cuando el pH es mayor de 6.0. Los hongos predominan a pH menores de 6.0. La mayoría de los organismos del suelo también necesitan nitrógeno, otros nutrientes, materia orgánica y oxígeno libre. Todos estos elementos deben estar presentes en el suelo. Las condiciones óptimas del suelo tanto para el desarrollo de las plantas como para la mayoría de los microorganismos del suelo son las mismas.

Aproximadamente sólo el 2.5% del nitrógeno total contenido en la materia orgánica del suelo es aprovechable en un ciclo de cultivo (Ortiz y Ortiz, 1984).

#### 5.4.6.- Investigaciones del lirio acuático como mejorador de suelos.

Boyd (1969) observó que el lirio acuático remueve diferentes elementos como: fósforo 0.4%; azufre 0.35%; calcio 1%; magnesio 1.3% y potasio 4.5%.

Una Ha de lirio acuático puede absorber el nitrógeno y fósforo producido de 800 personas en aguas residuales domésticas (Wooten y Dodd, 1976).

Boyd (1976) señala que en base seca el lirio acuático contiene 4% de nitrógeno y 0.4% de fósforo, sugiere que una Ha cubierta de lirio acuático puede absorber 6 000 Kg de nitrógeno y 600 Kg de fósforo en un año en regiones tropicales. En un período de 5 meses de Mayo a Septiembre obtuvo un promedio de 194 Kg/Ha de materia seca, 3.4 Kg/Ha de nitrógeno y 0.43 Kg/Ha de fósforo.

Ortíz y Roy (1978) emplearon lirio acuático como abono verde esparcido sobre la superficie del suelo, conjuntamente con el lodo del canal donde fué recolectado el lirio acuático, en el lago de Xochimilco, D.F. La chinampa fué abonada anteriormente con estiércol, en ella se sembraron hortalizas (nabo, rábano, lechuga y col). El lirio acuático mejoró la estructura y redujo la evaporación de la superficie del suelo. La descomposición del lirio acuático inhibió la germinación y crecimiento de malezas. Se cree que la raíz del lirio acuático es un estimulante

del crecimiento. Con la incorporación del lirio acuático y el estiércol, se obtuvo un buen fertilizante orgánico.

Las raíces del lirio acuático tienen la facilidad de absorber nutrientes directamente del agua (McDonald y Wolverton, 1980).

En la zona Sur de la Cuenca del Valle de México, se practica desde la época prehispánica un sistema agrícola denominado: de "chinampa" o -cultivo de ciénega, actualmente muy limitado y en peligro de extinguirse. En este tipo de explotación agrícola, la vegetación acuática juega un papel importante debido al aporte de diversos macronutrientes; los chinamperos utilizan el lirio acuático y varias especies de lemnáceas (Lemna gibba, Lemna minor, Wolgia columbiana y Wolffiella lingulata). En laboratorio se evaluaron los siguientes parámetros en peso seco de -lirio acuático: % de humedad, % de nitrógeno total, % de fósforo total y ppm de potasio; obteniendo los siguientes resultados: 96% de humedad, 0.672 a 3.230% de nitrógeno total, 0.050% de fósforo y 475.8 ppm de potasio. El lirio acuático es potencialmente susceptible de ser utilizado como abono verde (Quiroz, et al, 1982).

El contenido de nutrientes varía de acuerdo a la edad de la planta y calidad del agua (Boyd, 1976).

El lirio acuático puede ser empleado para remover macro y micronutrientes de los cuerpos de agua, y convertirlo en composta.

En el Cuadro No. 20 se observa la cantidad de elementos nutritivos que puede remover el lirio acuático por año.

Cuadro No. 20 Elementos que pueden ser removidos por el lirio acuático en un año (Kg/Ha).<sup>1/</sup>

Elemento	Kg/Ha
Nitrógeno	1980
Fósforo	322
Azufre	248
Calcio	750
Magnesio	788
Potasio	3188
Sodio	255
Fierro	19
Manganeso	296
Zinc	4
Cobre	1

<sup>1/</sup> Boyd, 1970.

El aprovechamiento del lirio acuático como mejorador y/o acondicionador de suelos, se ha realizado durante mucho tiempo en otros países, en México su aprovechamiento potencial tiene amplias perspectivas para emplearlo a gran escala.

El fósforo generalmente es rápidamente absorbido por la raíz y - traslocado a hojas y tallos, el manganeso es absorbido lentamente (Martín y Reid, mencionado por Cooley, et al, 1979).

En el Cuadro No. 21 se observa el fósforo absorbido por el lirio - acuático en un año, reportado por varios autores.

Cuadro No. 21 Fósforo absorbido en un año reportado por varios autores.<sup>1/</sup>

Autor	Fósforo (Kg/Ha/año)
Steward (1970)	600
Boyd (1970)	322
Roger y Davis (1972)	700
Ornes y Sutton (1975)	220
Boyd (1976)	100 - 300
Cooley, González y Martín (1979)	209

<sup>1/</sup> Cooley, González y Martín, 1979.

### 5.5.- Fuente alterna para la fabricación de papel.

En la industria del papel se obtienen una gran variedad de tipos de papel y cartones a partir de diversos materiales que contienen fibras de hemicelulosa y celulosa, tales como madera, paja, bagazo de caña, borra de algodón, trapo y papel de desperdicio. Esta industria no es autosuficiente, razón por la cual requiere importar ciertos tipos de celulosa y papeles, se estima que para 1987 el déficit de producción de celulosa ascenderá a 150 000 toneladas (Abarca y Minjares, 1983).

Se ha pensado como alternativa a futuro la utilización de malezas acuáticas que cuentan con características apropiadas para obtener celulosa y papel (Mayen, 1985).

#### 5.5.1.- Aprovechamiento del lirio acuático para obtener material crudo y producir papel.

La tecnología utilizada fué la que se aplica a las fibras anuales, que en ocasiones se trata de fibras cortas, que contienen básicamente hemicelulosa. Estas se han utilizado como complemento para hacer papel - con la fibra larga (generalmente obtenida de la madera).

El procedimiento empleado se divide en dos partes:

- A) Obtención de celulosa o pulpa.
- B) Fabricación de papel a partir de celulosa.

A) Obtención de la celulosa o pulpa. Esta etapa consiste principalmente en tres pasos:

1.- Cocimiento de la fibra con reactivos químicos para la obtención de celulosa. Se emplean soluciones de sulfito e hidróxido de sodio, que se combinan selectivamente con la lignina contenida en el lirio acuático seco, solubilizándola y dejando las fibras de celulosa en libertad, facilitando así la separación y procesamiento posterior. Esto se realiza en un digestor con agitación. Una vez terminada la reacción, el contenido del digestor se separa en fibras de celulosa y licor gastado. De acuerdo con el producto químico empleado se obtienen celulosa al sulfito y celulosa a la sosa.

## 2.- Proceso de purificación.

Con objeto de mejorar la calidad de la pulpa, ésta se somete a las operaciones de: cribado, para separar nudos y porciones de lirio que no fueron adecuadamente desfibradas; lavado, para eliminar los licores que quedaron impregnados en la pulpa; y desfibrado para separar más las fibras.

## 3.- Blanqueo.

Este se aplica a la pulpa para disminuir el color que las impurezas imparten a las fibras; para ello, se emplean sustancias químicas como hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio.

## B) Fabricación de papel a partir de celulosa.

1.- Acondicionamiento de la pulpa. En este paso se hace la combinación de pulpa producida a base de fibra larga de madera (celulosa Kraft) y fibra corta de lirio.

El acondicionamiento se obtiene mediante la mezcla de los componentes y su recirculación de una pila Holandesa para dar un desfibrado adicional y un corte de las fibras para uniformizar su longitud.

La etapa complementaria, la cual consiste en hacer pasar la pasta por depuradores centrífugos, en donde se separan impurezas tales como: grumos, partículas metálicas o astillas, que no se alcanzaron a cocer y que pueden recircularse al principio del proceso para la formación de la pulpa. Las pastas quedan listas para pasar a la máquina formadora de la hoja de papel.

2.- Formación y secado de la hoja. Para formar la hoja de papel, la pasta, adecuadamente preparada y determinada su consistencia, se alimenta a un cilindro que tiene en la parte inferior una malla a través de la cual fluye en forma de lámina líquida: encima de la malla se coloca un papel filtro que permite el drenado del agua contenida en la pasta, reteniendo en su superficie las fibras de celulosa, éstas se entrelazan y forman la hoja de papel. Existe un sistema en la parte inferior del filtro dotado de una ranura longitudinal a través de la cual se hace vacío para lograr un drenado adicional de agua. El filtro y la hoja húmeda se hacen pasar por un par de rodillos prensa, obteniéndose así otra extrac

ción más de agua; posteriormente, la hoja y el filtro se colocan en arillos con platinas, para secar y evitar arrugas en el papel.

#### 5.5.2.- Parámetros de operación para obtener celulosa.

##### 5.5.2.1.- Condiciones de operación.

Las condiciones de operación que deben establecerse para cocimiento de la fibra en el digestor son:

a) Tiempo de digestión y temperatura. El tiempo de digestión se relaciona con otras variables como: temperatura, cantidad y concentración de álcali efectivo y sulfidez del licor. Un aumento en cualquiera de las últimas tres variables disminuirá, dentro de ciertos límites, el tiempo requerido para cocer la materia prima con un rendimiento y calidad específicos.

b) Hidromódulo. Con la fibra, se deben agregar al digestor suficientes productos químicos para disolver la cantidad deseada de lignina y cocer la fibra al grado conveniente. La relación de reactivos a fibra y la relación de licor a fibra (comunmente llamada relación de baño) fijan la concentración de los reactivos de cocción. La velocidad de reacción química está determinada por la concentración de los reactivos de cocción, que es un factor muy importante en la velocidad de deslignificación.

c) Solubilidad del lirio en sosa y sulfito de sodio.

La solubilidad de la pulpa indica, en cierta forma, la degradación de la celulosa; su determinación es importante durante los procesos de pulpeo y blanqueo.

La solubilidad se ha relacionado con la resistencia y otras propiedades de la pulpa.

d) Evaluación de la resistencia.

La resistencia es una de las características principales a medir, pero difícil de determinar con exactitud, debido a que la unión entre fibras es tan importante como la resistencia de la fibra individual, la pulpa debe transformarse en hojas de papel antes de que pueda probarse. La pulpa debe recibir primero un tratamiento mecánico con algún tipo de refinador. Lo más usual es probar el "Freeness" (resistencia de drenado de la pulpa al paso del agua), tomando muestras de pasta del aparato refinador de laboratorio a intervalos sucesivos de batido. Existen muchas fuentes de variación en estas pruebas. Las pruebas de las hojas están sujetas a todas las variaciones que son de esperarse en pruebas similares efectuadas en muestras de papel. Existen variaciones debidas a: formación, prensado y secado de las hojas; a la acción de batido y al desgaste de la pulpa. A pesar de todas las dificultades y variaciones, la prueba de batido es una de las mejores maneras de evaluar la pulpa.

### 5.5.2.2.- Pruebas físicas en la obtención de papel.

1.- Color y blancura. El color es una característica importante de la pulpa. La medición más comúnmente utilizada no es una medición verdadera del color sino de la cantidad de amarillez en la pulpa. El uso de agua de la llave para hacer las hojas disminuye la blancura, en ocasiones en tres o cuatro puntos.

2.- Peso seco. El peso base es probablemente la característica del papel que se mide con mayor frecuencia. Casi todos los papeles se venden sobre un peso base específico.

3.- Pruebas de resistencia. Las pruebas más comunes de resistencia que se efectúan en el papel son, resistencia al rasgado, resistencia a la explosión resistencia a la tensión y resistencia al dobléz. La prueba estándar de resistencia interna al rasgado se mide con un probador Elmendorf.

La adición de almidón a la superficie del papel disminuye por un momento la resistencia al rasgado en la rigidez de la fibra. El incremento del contenido de humedad hace más flexible la hoja, por tanto, aumenta la resistencia al rasgado.

### 5.5.3.- Aprovechamiento del lirio acuático en la fabricación de papel.

Los resultados obtenidos muestran que el uso del tallo del lirio

acuático, es la mejor parte de la planta para obtener un papel de calidad aceptable. Al emplear la planta completa las hojas de ésta disminuyen enormemente el "Freeness".

Como se puede observar en el Cuadro No. 22 el lirio acuático tiene como característica el de estar dentro del ámbito del bagazo de caña; el largo de ruptura y el valor de rasgado es mayor comparado con el de bagazo de caña; en lo que respecta a la blancura, ésta, aunque es menor, puede aumentarse con la aplicación de pequeñas cantidades de hipoclorito de sodio.

Cuadro No. 22 Pruebas de control de calidad de bagazo de caña y lirio acuático.<sup>1/</sup>

	Lirio Acuático	Bagazo de Caña
Peso base	69.61 g	-
Porosidad	58.7	-
Rasgado	80.00 - 84.32 g	60 - 75 g
Largo de Ruptura	3 964.4 m	2 500 - 4 000 m
Blancura	43°	84° - 87°
Volúmen Específico	2.11	-
Freeness	49 ml	-

<sup>1/</sup> Mayen, 1985.

Las condiciones óptimas para fabricar papel con lirio acuático son: utilización única del tallo de la planta; cocimiento de la fibra con sulfito de sodio y combinación de un 50% de pulpa de lirio acuático con

50% de pulpa Kraft. La pasta que se obtiene es apropiada para la fabricación de papel para envoltura. El papel que se obtiene tiene características aceptables

#### 5.6.- Elaboración de tableros aglomerados ( sustituto de la madera ).

El carácter químico del lirio acuático -hemicelulosa- aunado a su estructura reticular, lo convierten en un material ligero y probable sustituto de la madera en ciertos usos.

Se probó al lirio acuático seco y pulverizado como componente de los tableros aglomerados que hay en el mercado, los cuales son masas de astillas y polvo de madera impregnados de resinas termoendurecibles y -polimerizables a presión y temperatura. Existen antecedentes de la obtención de tableros aglomerados de fibra de coco, fibras duras, henequén y otros semejantes (Blanco, et al, 1984).

El proceso se inicia con la recolección del lirio acuático; una vez fuera del agua se pueden seguir dos procedimientos para su secado: El primero es totalmente rudimentario y no requiere de equipo, excepto secadores a la intemperie; se extiende el lirio acuático en el piso hasta obtener una humedad del orden del 10%. Una vez seco el lirio acuático, se alimenta a un pulverizador mecánico de abertura variable y se obtienen hojuelas y polvo, que serán precisamente el sustituto del polvo y astillas de madera en la manufactura de tableros aglomerados.

El segundo procedimiento emplea estufas de secado, con circulación forzada de aire hasta obtener la humedad requerida. Posteriormente se pulveriza el material hasta obtener polvo y hojuelas.

La segunda etapa es la siguiente: mediante máquinas especiales se impregnan las hojuelas y el polvo del lirio acuático hasta obtener una relación de material sólido contra material líquido, específico para cada caso. El líquido impregnador es esencialmente una mezcla de materiales termoendurecibles con aditivos para dar consistencia, rigidez e impermeabilidad al producto final.

El material impregnado se somete a un proceso de polimerizado a temperatura y presión específicas en prensas o maquinaria especializada, hasta lograr la polimerización del aglutinante termoendurecible, obteniendo un tablero de dimensión y grueso predeterminados. Este tablero conocido comercialmente como "aglomerado", es un material rígido, duro, que puede aserrarse, lijarse, pintarse y pegarse como si fuera madera. Se utiliza en la fabricación de libreros, muebles y puertas.

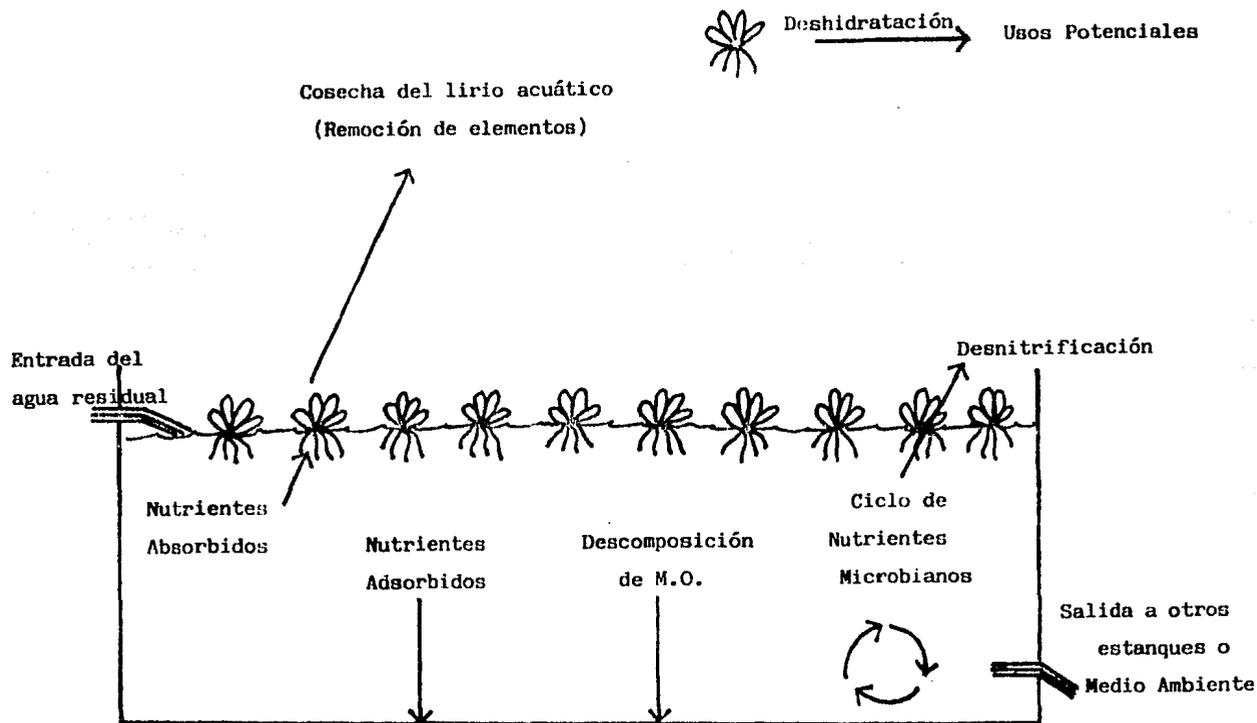
Mediante la utilización de 30% de astillas y polvo de madera y 70% de hojuelas y polvo de lirio acuático seco se obtienen tableros rígidos y duros que pueden aserrarse y lijarse como madera. El tablero resultante es una muestra de 23 cm por 23 cm con 16 mm de espesor, puede ser fabricado con 310 g de madera, 920 g de hojuelas de lirio acuático y 220 g de aglutinante.

La elaboración final de los tableros aglomerados, utilizando lirio acuático como materia prima, sólo se ha probado con la utilización de maquinaria especializada y costosa. Probablemente podría implementarse su elaboración a través de métodos más sencillos y desarrollando la tecnología adecuada para abatir costos, para esto se requiere de mayor investigación (Blanco, et al, 1984).

#### 5.7.- Tratamiento de aguas residuales.

El lirio acuático tiene la capacidad de absorber diferentes tóxicos como: DDT, DDD, nitratos, nitritos, oxalatos, cianuro, arsénico y algunos metales pesados como: mercurio, plomo, níquel, cadmio, cromo, plata y otros. La cantidad varía con la época del año, desarrollo de la planta y el grado de contaminación del cuerpo de agua. En la Figura 4 se establece la manera física de la absorción de elementos por el lirio acuático en aguas residuales.

Figura 4 Estanque de aguas residuales, y la absorción de elementos por el lirio acuático (Boyd, 1970).



Dinges (1976) determinó que durante el crecimiento de lirio acuático en aguas residuales, esta maleza absorbe: cloro, fósforo, potasio, arsénico, fierro, cromo, mercurio, níquel, zinc, cobre y plomo. Establece que esta maleza puede ser empleada en la purificación de cuerpos de agua y estabilizador de los afluentes (domésticos e industriales).

Castellanos (1981) evaluó diferentes elementos encontrados en el lirio acuático en aguas residuales y determinó la capacidad potencial de remover: 263.4 g de plata/Ha/día; 340.8 g de cobalto/Ha/día; 326.4 g de estroncio/Ha/día; 105.6 g de plomo/Ha/día y 90.0 g de mercurio/Ha/día. Además de encontrar trazas de fenoles e insecticidas.

Muramoto y Ori (1984) determinaron que el lirio acuático puede absorber metales pesados como: níquel y cadmio, en cuerpos de agua altamente contaminados. Estimaron una capacidad de absorción de 10 Kg/m<sup>2</sup> de cadmio y 45 Kg/m<sup>2</sup> de níquel en presencia y ausencia de detergentes.

El uso potencial del lirio acuático para remover metales pesados y otros tóxicos, necesita de más investigación para determinar los niveles de capacidad de absorción del lirio acuático.

### 5.8.- Obtención de energía (biogas).

Los trabajos realizados sobre este tópico se encuentra aún en etapa experimental en la NASA (National Aeronautics and Space Administration) por parte de NSTL (National Space Technology Laboratories). La tecnología empleada se puede adaptar o en el mejor de los casos desarrollarse en México con las experiencias que se tienen en la obtención de gas por medio de la fermentación de materia orgánica en digestores.

El metano es el principal ingrediente del gas natural que es usado mundialmente como combustible (N.A.S., 1976).

La descomposición del lirio acuático se efectúa de una manera natural por una bacteria anaeróbica. La bacteria productora de metano se encuentra de manera natural en el lodo de los pantanos, donde se producen las burbujas de metano que se conocen como "gas de pantano".

El alto contenido de humedad en el lirio acuático es una ventaja para la fermentación. Este es un método de utilización el cual no requiere un escurrimiento previo de las plantas, lo cual es una gran ventaja. La bacteria productora de metano de manera natural requiere de varios nutrimentos como: nitrógeno, fósforo y potasio. Datos proporcionados por la NASA demuestran que el lirio acuático posee estos elementos en calidad y proporciones adecuadas para el buen crecimiento y una buena producción de biogas.

Se ha encontrado que por un kilogramo de materia seca se obtienen de 350 a 411 litros de biogas. Este biogas contiene aproximadamente 60% de metano y 40% de bióxido de carbono. Por lo tanto, una hectárea de lirio acuático en crecimiento en un ambiente enriquecido en un clima cálido por siete meses al año puede ser utilizada para la producción aproximadamente de  $58\ 000\ m^3$  de biogas que contiene aproximadamente  $35\ 100\ m^3$  de metano (N.A.S., 1976 y Wolverton y McDonald, 1979).

El biogas obtenido puede ser aplicado en muchos de los usos del gas natural como son: para cocina, hornear y como una fuente de poder, que puede ser adaptada a los motores de combustión interna y/o eléctricos para la producción de energía y calor (N.A.S., 1976 y Michelli, 1979).

Al finalizar la fermentación en el digestor, el remanente puede ser utilizado como un fertilizante orgánico, el cual puede ser utilizado como acondicionador del suelo equivalente a la composta (N.A.S., 1976).

#### 5.8.1.- Limitaciones para la producción de biogas.

Durante la fermentación del lirio acuático para la obtención de metano, el lirio acuático es atacado por otras bacterias. Sin embargo se puede construir una cámara de fermentación la cual debe tener un buen mantenimiento para prevenir el ataque de dichas bacterias. La bacteria productora de metano no puede sobrevivir si hay oxígeno presente en el digestor.

La producción de biogas no es fácil, deben de transcurrir de 10 a 60 días para que la bacteria se reproduzca y haya una población considerable (colonia) de bacterias para la fermentación del lirio acuático.

Factores que se deben considerar para obtener una adecuada producción de gas metano:

1) Temperatura. La máxima producción ocurre entre los 32 y 36 °C, la temperatura de debe mantener más o menos constante, la producción de metano se efectúa mejor en climas cálidos y donde los digestores se encuentran en lugares soleados.

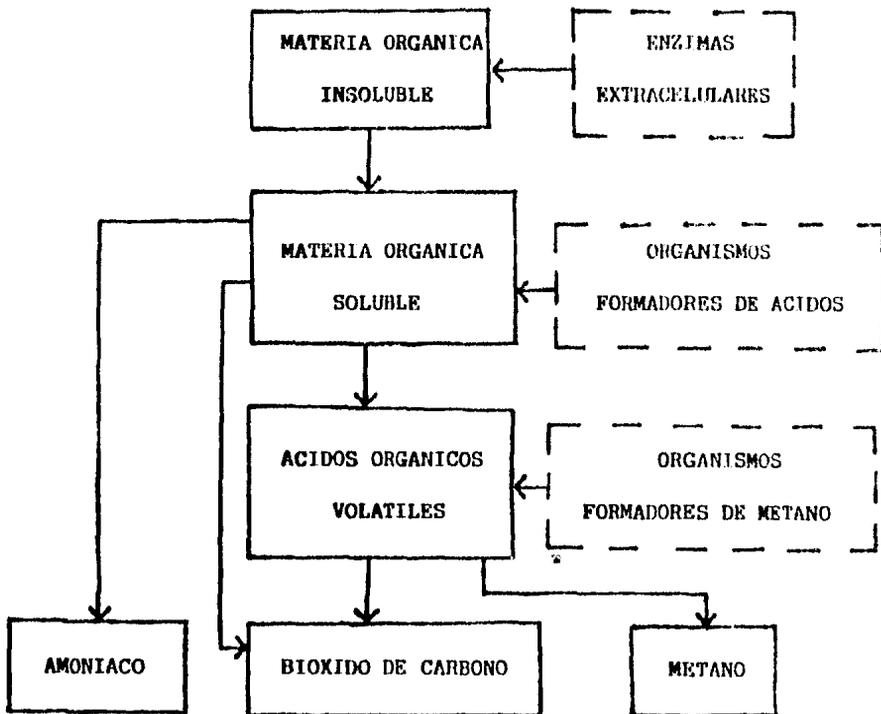
2) Nutrientes. La alimentación debe ser adecuada en nitrógeno para el buen crecimiento de la bacteria. La relación entre carbono y nitrógeno no debe ser de 20:1 y 30:1 las cuales se consideran óptimas.

3) Mezclar. Para la máxima producción de biogas, el lirio acuático fermentado debe ser mezclado o agitado por lo menos dos veces al día para romper la costra de la superficie. El gas obtenido se puede almacenar en cilindros y después emplearlos, todo esto es recomendable en poblaciones rurales. En muchos países puede ser un uso potencial como en: China, Filipinas, India, Sudán, México y otros (N.A.S., 1976).

Rebollar (1983) probó la utilización de lirio acuático, estiércol y agua residual para la obtención de biogas. La relación C:N es 8:1 utilizando solamente lirio acuático, la cual es muy baja. Con la incorpora

ción de estiércol y paja se logra obtener una relación de 19:1, la cual ya es adecuada para la producción de biogas. En la Figura 5 se puede observar de una manera esquematizada los pasos para la obtención de biogas.

Figura 5 Diagrama de bloques de los pasos de una digestión anaerobia. <sup>1/</sup>



<sup>1/</sup> Rebolgar, 1983.

### 5.9.- Consideraciones para el aprovechamiento del lirio acuático.

Para realizar un aprovechamiento adecuado del lirio acuático, es de relevante importancia realizar un estudio ecológico del cuerpo de agua y de los problemas que ocasiona esta maleza en los cuerpos de agua.

Considerando las erogaciones presupuestales para controlar la proliferación del lirio acuático y su capacidad de absorber y remover nutrientes de los cuerpos de agua, su aprovechamiento es factible de acuerdo a las condiciones del cuerpo de agua e infraestructura existentes en los lugares aledaños al cuerpo de agua.

Se debe programar su aprovechamiento considerando al lirio acuático como un recurso y no como una plaga. Para realizar el aprovechamiento racional del lirio acuático, se puede delimitar su desarrollo por medio de cadenas, cilindros, boyas u otro mecanismo que impida su desarrollo en áreas libres de lirio acuático.

En la Figura 6, se puede observar un sistema parcialmente cerrado del aprovechamiento de lirio acuático.

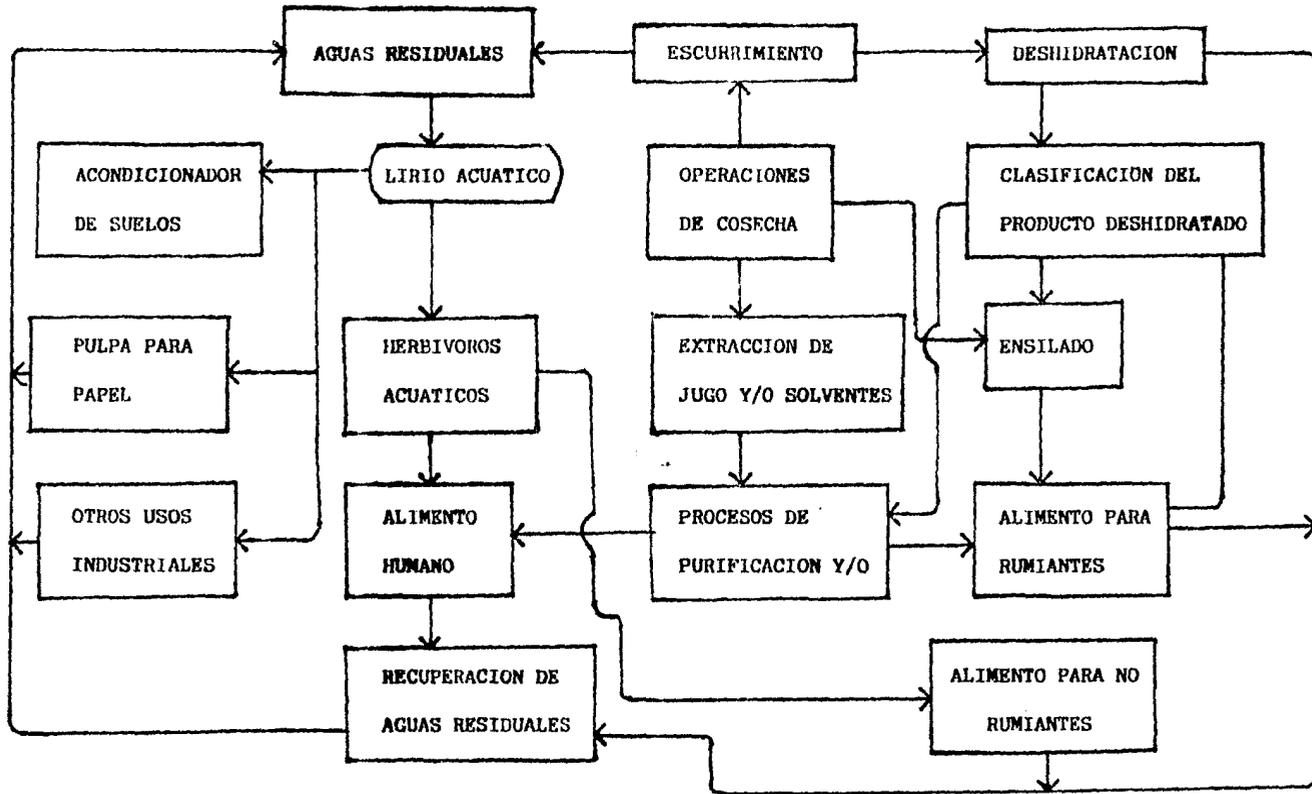


Figura 6 Esquema de un sistema idealizado parcialmente cerrado del aprovechamiento del lirio acuático. (Bates y Hentges, 1976).

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- El lirio acuático es originario de Sudamérica, y se cumple el objetivo al realizar una descripción de esta maleza. Se recomienda realizar un estudio más completo del ciclo biológico (etapas fenológicas) para conocer mejor la ecología de esta maleza y realizar los tipos de control adecuados para evitar que siga aumentando su proliferación en los cuerpos de agua del país.

2.- Los métodos más comunes para controlar la proliferación del lirio acuático son: el control químico y mecánico; con la única condición de que deben realizarse con periodicidad para lograr un control satisfactorio no una erradicación; ya que esto es imposible. El método biológico para controlar la proliferación del lirio acuático tiene un uso potencial con gran futuro para esta maleza, pero es necesario mayor investigación de los organismos depredadores y patógenos huéspedes del lirio acuático.

Al realizar un control químico, se debe considerar muy seriamente la dosis recomendada y precauciones en su aplicación para evitar problemas de contaminación del agua y muerte de peces u otros organismos. Este tipo de contaminación puede llegar a afectar los depósitos de agua para usos domésticos y agrícolas.

3.- La posibilidad de transformar al lirio acuático en un recurso natural aprovechable, es factible debido a las características de esta

planta al absorber nutrimentos, metales pesados, tóxicos y a su contenido de fibra; la desventaja para su aprovechamiento es su elevado contenido de humedad aproximadamente en un 95%.

4.- El lirio acuático puede ser aprovechado como complemento en la alimentación animal en cuerpos de agua que no estén altamente contaminados. El aprovechamiento más adecuado puede ser el ensilado y la harina de lirio, los cuales se deben incorporar perfectamente en la dieta para el ganado. El uso de granos básicos puede disminuir de un 5 a 20% al emplear al lirio acuático y esquilmos agrícolas en lugar de granos básicos en la alimentación animal, lo cual representaría un ahorro en costos y un aprovechamiento adecuado del lirio acuático.

5.- Al incorporar lirio acuático en forma de composta y posteriormente como humus en el suelo se mejora la estructura del mismo. La incorporación de materia orgánica (lirio acuático) en el suelo como se realiza en diversas zonas del país, reduce la erosión eólica, favorece la infiltración del agua, así como la pérdida de agua por evaporación e incorpora algunos nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas.

6.- Las alternativas para un mejor aprovechamiento del lirio acuático consisten en, realizar estudios de los impactos ecológicos que ocasiona esta maleza en los cuerpos de agua, así como el tipo y grado de contaminación de estos últimos.

Se deben realizar análisis físico-químicos del lirio acuático, para conocer sus características y de esta manera, determinar cual de los usos es el más factible en determinada región.

Realizar trabajos de investigación para crear la tecnología redituable para deshidratar el lirio acuático y de esta manera eliminar el alto contenido de humedad que posee.

Al encontrar un aprovechamiento racional y redituable del lirio acuático, su transformación de plaga a recurso sería inevitable y se deberá de delimitar su crecimiento en los cuerpos de agua, para no interferir con las actividades del ecosistema acuícola.

Uno de los aprovechamientos a corto plazo puede ser el tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales). Después de "purificar" el agua se deberán realizar análisis químicos, para determinar si esas aguas residuales están en condiciones de ser aprovechadas para la agricultura u otros usos.

El aprovechamiento del lirio acuático, para la obtención de energía, es otro de los usos a corto plazo, para ser empleado en poblaciones rurales. Se deberán crear digestores, que se puedan manejar y conservar fácilmente para los fines domésticos en una granja.

Existe la posibilidad de crear la tecnología adecuada para utilizar el biogas para deshidratar al lirio acuático y emplearlo en otros usos.

como alimento para el ganado, fabricación de aglomerados, obtención de celulosa, etcétera.

El aprovechamiento de la energía solar es otro factor importante para tomar en cuenta, para deshidratar al lirio acuático.

El aprovechamiento del lirio acuático como forraje, se puede optimizar al usar el 10% de la dieta básica con lirio acuático, para de esta manera abatir los costos en la alimentación animal.

El aprovechamiento del lirio acuático es factible en México, lo más importante es crear las tecnologías que sean adecuadas y redituables para cada uno de los usos que se proponen en este trabajo, y dar la pauta para aprovechar al lirio acuático (Eichhornia crassipes) de una manera racional, sin causar más problemas que los que esta "plaga" ha causado.

## VII.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Abarca, C.j y S. Minjares. 1983. Diseño de un sistema de digestores intermitentes para una planta de pulpa Kraft de 200 ton/día. Tesis Profesional. Fac. de Química. UNAM. México.
- 2.- Ayón, H.F. y S.J. Nuñez. 1978. Control biológico del lirio acuático (Eichhornia crassipes Solms) por el escarabajo moteado (Neochetina eichhorniae Warner). 1er. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Guad., Jal., México. pp 1114-1130.
- 3.- Bagnall, L.O., J.A Baldwin and J.F. Hentiges. 1973. Processing and storage of water hyacinth silage. Wedd Sci. Abs.: 73-79.
- 4.- Bajpai, R.P. and A.U. Chauhan. 1985. A note on performance of herbicides for the control of water hyacinth (Eichhornia crassipes [Mart.] Solms). Reserch Journal India. 15: 51-52.
- 5.- Baldwin, J.A., et. al. 1975. Comparison of pangola grass and water hyacinth silages as diets for sheep. J. Anim. Sci. 40: 968-970.
- 6.- Bartley, T.R. and E.O. Gangstad. 1974. Environmental aspects of aquatic planta control. J. of Irrigation and Drainage Division. Amer. Sci. of Civil Engineers.

- 7.- Barret, S.C. 1980. Sexual reproduction in Eichhornia crassipes water hyacinth 1. Fertility of clones from diverse regions. J. Appl. Ecol. 17(1): 101-112.
- 8.- Bashir, M.O. 1984. The establishment and distribution of natural enemies of water hyacinth released in Sudan. Tropical Pest Management. 30(3): 321-323.
- 9.- Bates, R.P. and J.F. Hentges. 1976. Aquatic weeds-eradicate or cultivate? Econ. Bot. 30: 39-50.
- 10.- Bayne, D.R. y E.C. Butter. 1974. Método para el control químico del jacinto de agua (Eichhornia crassipes Mart) en el Salvador. Simposio sobre Acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay.
- 11.- Becerril, G.M. 1983. Cría de cabrillas con dietas que incluyen diferentes cantidades de lirio acuático (Eichhornia crassipes). Tesis Profesional. Fac. de MVZ. UNAM. México.
- 12.- Bennett, F.D. 1979. Lista de enemigos naturales del lirio acuático Eichhornia crassipes y de Tribulus cistoides en México. VII Reunión Nacional de Control Biológico. Veracruz, México.
- 13.- Blanco, M.A., M.S. Niño y M. Blanco. 1984. Nueva posibilidad de -

- uso del lirio acuático. UNO MAS UNO año VII 2250, 13 de Febrero. p. 22.
- 14.- Boyd, C.E. 1969. The nutritive value of three species of water weeds. Econ. Bot. 23: 123-127.
- 15.- \_\_\_\_\_. 1970. Vascular aquatic plantas for mineral nutriente removal from polluted waters. Econ. Bot. 24: 95-103.
- 16.- \_\_\_\_\_. 1976. Accumulation of dry matter, nitrogen and phosphorus by cultivated water hyacinths. Econ. Bot. 30: 51-56.
- 17.- Byron, H.T. and et al. 1975. Organic acid preservation of water hyacinth silage. Hyacinth Cont. J. 13: 64-66.
- 18.-Castellanos, L.O. 1981. Aplicación de las plantas macrofitas en la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales domésticas e industriales. Dir. Gral. de Protección y Ordenación Ecológica. SARH. México. 15 p.
- 19.- Center, T.D. 1984. Dispersal and variation in infestation of water hyacinth moth Sameodes albigutallis, populations peninsular Florida. Environmental Entomology. 3(2): 482-491.

- 20.- Charudattan, R. and H.L. Walver. 1982. Biological control of weeds with plant pathogenes. Ed. Awileg-Interscience Publication. U.S.A.
- 21.- Contreras, H.M. 1983. Estudio preliminar sobre la utilización del lirio acuático (Eichhornia crassipes Mart) en la alimentación de conejos. Tesis Profesional. ITESM. Monterrey, México.
- 22.- Contreras, M.R. 1982. Aprovechamiento del lirio acuático como forraje, estudio preliminar. Dir. Gral. de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. SARH. México.
- 23.- Contreras, T.A. y J.L. Sánchez de la G. 1980. Proyecto para la instalación de una granja integral en el Edo. de Hidalgo. Memorias del 2o. Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Depto de Pesca. México. pp. 2913-2933.
- 24.- Cooley, T.N., M.H. Gonzalez and D.F. Martin. 1978. Radio-manganese, -iron and -phosphorus uptake by water hyacinth and economic implications. Econ. Bot. 32(4): 371-378.
- 25.- D.G.A.F. 1977. Lirio acuático. Sub-Secretaria de Ganadería. SARH. México. pp 28.

- 26.- D.G.P.O.E. 1981. Inventario nacional de malezas. SARH. México.
- 27.- Díez, P.J. 1974. Percepción remota aplicada en la SRH. Publicación Técnica 1-74 SRH. México.
- 28.- \_\_\_\_\_. 1976. Detección de lirio acuático y cuantificación de calidad de agua mediante percepción remota. IV Congreso Nal. de Hidráulica. Dir. Gral. de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. SRH. México.
- 29.- Dinges, R. 1976. Water hyacinth culture for wastewater treatment. Texas Department of Health Resources. Austin, Texas. 143 p.
- 30.- Escobar, C.E. 1977. Manual para el control químico de las malezas acuáticas. Dir. Gral. de Protección y Ordenación Ecológica. SARH. México.
- 31.- Foth, H.D. y L.M. Turk. 1979. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía Editorial Continental, S.A. México.
- 32.- Freeman, T.E. and R. Charudattan. 1984. Cercospora rodmanii a bio-control agent for waterhyacinth. Bulletin, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. No. 842: 18.

- 33.- Gangstad, E.O. 1978. Weed control methods for river basin management. CRC. Press. Palm Beach, Florida, U.S.A.
- 34.- Goeltnboth, F. 1979. The effect of four herbicide mixtures on the mitotic activity of Eichhornia crassipes. 7<sup>th</sup> Asian Pacific Weed Science Society Conference. Sydney, Australia. pp 261-265.
- 35.- González, V.I. 1976. Lirio acuático (Eichhornia crassipes), e intentos de erradicación en la Presa Presidente Manuel Avila Camacho, Valsequillo, Puebla. Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla Gtz., Chis., México. pp 259-277.
- 36.- Gopal, B. and K.P. Sharma. 1979. Aquatic weeds control versus utilization. Econ. Bot. 33(3): 340-346.
- 37.- Gupta, K.M. and G. Subbaiah. 1982. Chemical control of water hyacinth. Indian Society of Weed Science. p 46.
- 38.- Joyce, J.C. and W.T. Haller. 1984. Effect of 2,4-D and gibberellic acid on water hyacinths under operation conditions. J. Aquat. Plant. Manage. 22: 75-78.
- 39.- Klingman, G.C. y F.M. Ashton. 1980. Estudio de las plantas nocivas principios y practicas. Ed. Limusa. México.

- 40.- Macias, G.M., S.F. Nuñez y H.F. Ayón. 1978. Incorporación de nutrientes por el lirio acuático (Eichhornia crassipes). 1er. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Guad., Jal., México. pp 1083-1113.
- 41.- Mara, M.J. 1976. Estimated values for selected water hyacinth by-products. Econ. Bot. 30: 383-387.
- 42.- Mayen, R.M. 1985. Aprovechamiento del lirio acuático para la fabricación de pulpa y papel. VI Congreso Nal. de la Madera. Taxco, Gro., México. Soc. Mexicana de la Ciencia de la Madera. 17 pp.
- 43.- McDonald, R.C. and B.C. Wolverton. 1980. Comparative study of wastewater lagoon with and without water hyacinth. Econ. Bot. 34(2): 101-110.
- 44.- Micheli, A. 1981. Possibilities for energy recovery in the treatment of effluents from distillery and feedlot operations. Proceedings International Colloquium. Rome, Italy. pp 151-162.
- 45.- Muciffo, Z.R. 1981. Análisis químicos del ensilado de lirio acuático (Eichhornia crassipes) bajo diferentes métodos de ensilaje. Tesis Profesional. Fac. de MVZ. UNAM. México.

- 46.- Muramoto, S. and Y. Oki. 1984. Influence of anionic surface-active agentes on the uptake of heavy metals by water hyacinth (Eichhornia crassipes). Okayama, University, Kurashiki, Japan. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 33(4): 444-450.
- 47.- N.A.S. 1976. Making aquatic weeds useful: some perspectives for developing countries. National Academy of Sciences. Washington. D.C. U.S.A.
- 48.- \_\_\_\_\_. 1980. Manejo y control de plagas de insectos. Control de plagas de plantas y animales Vol. III. National Academy of Sciences. Ed. Limusa. México.
- 49.- \_\_\_\_\_. 1982. Plantas nocivas y como combatirlas. Control de plagas de plantas y animales Vol. II. National Academy of Sciences. Ed. Limusa. México.
- 50.- Niño, S.M., y A. Lot. 1983. Estudio demográfico del lirio acuático Eichhornia crassipes (Mart) Solms: dinámica de crecimiento en dos localidades selectas de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. No. 45: 71-83.
- 51.- Nuñez, F.J. y J.A. Contreras. 1979. Bioagentes de control no específicos para el lirio acuático. VII Reunión Nal. de Control

Biológico. Veracruz, México.

- 52.- Ortiz, O.L. y M.A. Roy-Ocotla. 1978. Efecto de la adición de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (lirio acuático) a una chinampa. Tesis Profesional. Fac. de Química. UNAM. México.
- 53.- Ortiz, V.B. y C.A. Ortiz. 1984. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- 54.- Piña, R. 1974. Las carpas contra el lirio. Téc. Pesc. 80: 12-13.
- 55.- Quiroz, F.A., M.G. Miranda y A. Lot. 1982. Usos potenciales de algunas hidrófitas como abono verde en la zona chinampera de Xochimilco. Biótica. 7(4): 631-633.
- 56.- Rebollar, B.J. 1983. Pruebas de estabilización del lirio acuático mezclado con estiércol y agua residual en reactores aeróbicos y anaeróbicos. Dir. Gral. de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. SARH. México.
- 57.- Reddy, K.R. and W.F. DeBusk. 1984. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water: I. water hyacinth, water lettuce, and pennywort. Econ. Bot. 38(2): 922-239.

- 58.- Reyes, D.O. 1977. Estudio preliminar sobre el valor alimenticio de la harina de lirio acuático (Eichhornia crassipes) en dietas para pollos de engorda. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México.
- 59.- Roa, K.N., K.M. Gupta and G. Subbaiah. 1981. Studies on control of water hyacinth with herbicides. Indian Society of Weeds Sciences. pp 42-43.
- 60.- Rodríguez, R. y F.O. Bravo. 1971. Digestibilidad aparente del lirio acuático (Eichhornia crassipes) en borregos. Téc. Pec. México. 19: 41-44.
- 61.- Rodríguez, G.R. 1980. Alimentación de animales con lirio acuático. Tesis Profesional. Fac. de MVZ. UNAM. México.
- 62.- Rubín, R. 1975. El lirio, ruina de un bello lago. Téc. Pesc. 85: 26-29.
- 63.- Sale, P.J., et al. 1985. Photosynthesis and growth rates in Salvinia molesta and Eichhornia crassipes. Journal of Applied Ecology. 22(1): 125-137.
- 64.- SALVAT. 1977. Eichhornia. Enciclopedia de la Jardinería. FLORA. 4: 264-265.

- 65.- Sánchez, S.O. 1978. La flora del Valle de México. Ed. Herrero, S.A. México.
- 66.- Sands, D.P. and R.C. Kassulke. 1983. Acigona infusella (Walker), an agent for biological control of water hyacinth (Eichhornia crassipes) in Australia. Bulletin of Entomological Reserch. 73(4): 625-632.
- 67.- Tejeda, H.I. 1974. Valor nutritivo del lirio acuático (Eichhornia crassipes) para el polo en crecimiento. Téc. Pec. México. 28: 7-12.
- 68.- Valdes, J.A. 1981. Teledetección y cuantificación de áreas cañeras al Sur del Estado de Jalisco mediante el procesamiento digital de imágenes multiespectrales. Tesis Profesional. ITESM. Querétaro, México.
- 69.- Vallejo, I.F. 1962. El lirio acuático en el lago de Chapala. Comisión Lerma-Chapala-Santiago. SRH. México.
- 70.- Vera, H.F. 1970. Estudio sobre el control biológico del lirio acuático (Eichhornia crassipes) con carpa herbívora (Ctenopharyngodon idella). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México.

- 71.- Vera, H.F., et al. 1980. Control biológico del lirio acuático Eichhornia crassipes con Ctenopharyngodon idella (Pisces: Cyprinidae) en estanques controlados. Anuario del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 7(2): 259-274.
- 72.- Wolverton, B.C. and R.C. McDonald. 1978. Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. Econ. Bot. 32(4): 363-370.
- 73.- \_\_\_\_\_ . and \_\_\_\_\_ . 1979. Water hyacinth (Eichhornia crassipes) productivity and harvesting studies. Econ. Bot. 33(1): 1-10.
- 74.- Wooten, J.W. and J.D. Dodd. 1976. Growth of water hyacinths in treated sewage effluent. Econ. Bot. 30: 29-37.