



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**CONTROL, APROVECHAMIENTO Y EFECTOS NOCIVOS DE
EICHHORNIA CRASSIPES LIRIO ACUATICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

ROBERTO MARCELO VICUÑA GOMEZ

A S E S O R A :

M. en F.C. MARIA EUGENIA POSADA GALARZA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

344938



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
 U. N. A. M.

FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
 Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Control, aprovechamiento y efectos nocivos de Eichhornia Crassipes Lirio Acuático"

que presenta el pasante Roberto Marcelo Vicuña Gómez
 con número de cuenta: 8352443-7 para obtener el título de:
Químico Farmacéutico Biólogo

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

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

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 8 de enero de 2004.

PRESIDENTE M.enF.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza

VOCAL Q.F.B. Virginia Oliva Arellano

SECRETARIO Q.F.B. René Damián Santos

PRIMER SUPLENTE M.enF.C. Beatriz de Jesús Maya Morrey

SEGUNDO SUPLENTE Q.F.B. Leticia Badillo Solís

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: ROBERTO

Urcuín Gómez

FECHA: 16 FEBRERO 2005

FIRMA: Urcuín Gómez

M. en F. C. MARIA EUGENIA POSADA GALARZA

Muchas gracias por ser una gran persona conmigo; por apoyar y dedicar tiempo a este trabajo, ya que su labor fue determinante para la culminación del mismo.

A LOS MAESTROS;

M. en C. Elizabeth Toriz García.
M. en C. Javier Soriano Saavedra.

Por su actitud de ánimo para emprender proyectos, que parecen imposibles, más su postura de compromiso los convierten en realidad, gracias.

INDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivo General.....	2
3. Generalidades.....	3
3.1 Biología del lirio acuático.....	4
3.2 Ecología del lirio acuático.....	11
3.3 Eutrofización.....	13
4. Efectos nocivos.....	15
4.1 Evaporación.....	16
4.2 Interferencia.....	16
4.3 Interferencia a embarcaciones.....	17
4.4 Salud pública.....	18
5. Técnicas de evaluación del lirio acuático, densidad, cobertura y crecimiento.....	20
5.1 Densidad.....	21
5.2 Cobertura.....	24
5.3 Crecimiento.....	24
6. Aprovechamiento del lirio acuático.....	26
6.1 Fertilizante verde.....	27
6.2 Alimento para ganado.....	28
6.3 Elaboración de papel y aglomerados.....	28
6.4 Fuente de energía.....	29
6.5 Artesanías.....	29
6.4 Producción de carbón activado.....	30
6.5 Preparación de pinturas.....	30
6.6 Uso como indicador biológico.....	30
6.7 Filtros biológicos.....	31
6.8 Tratamientos de aguas residuales.....	31
7. Control del lirio acuático.....	34
7.1 Método mecánico o físico.....	39
7.2 Método químico.....	39
7.3 Control biológico.....	43
8. Evaluación ambiental.....	45
9. Análisis de resultados.....	51
10. Conclusiones.....	53
11. Bibliografía.....	54

INTRODUCCIÓN

Al lirio acuático, se le considera como una maleza, cuando crece en cuerpos de agua con marcada eutrofización, esto es, en aguas en exceso de nutrientes incorporados a los sistemas hidrológicos, por las descargas de aguas residuales, industriales y domésticas. En nuestro país, ha alcanzado proporciones de plaga, generando problemas como; incremento en la evapotranspiración; interferencia en la navegación; obstrucción de flujo de canales y ríos; entorpece el funcionamiento de obras hidroeléctricas y de irrigación; evita la pesca; devalúa propiedades; por azolvamiento acorta la vida de los cuerpos de agua y favorece el desarrollo de poblaciones animales que son vectores de enfermedades.

Atacar estos problemas, así como su control y aprovechamiento no son cuestión de una sola especialidad, por lo que para su estudio se requiere de un equipo multidisciplinario, destacándose los siguientes profesionales; Matemáticos, Ingenieros, Biólogos, Agrónomos y Químicos. Es en este punto donde un Químico Farmacéutico Biólogo debido a su formación académica, incursiona con éxito en este tipo de proyectos.

El presente trabajo pretende ser una base, para que de este, surjan trabajos más específicos de tipo experimental, al recopilar la información disponible, nacional e internacional, en cuanto a efectos nocivos, control y aprovechamiento de esta planta, a través de la búsqueda biblio-hemerográfica, que será analizada y que permita proponer medidas para desacreditar el carácter de contaminante que le han otorgado.

Por ultimo, hacer del conocimiento a los egresados de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo, que existe otro campo de acción profesional, como lo es la Ecología.

2.- OBJETIVO GENERAL.

Recopilar la información, Nacional e Internacional, sobre el lirio acuático, a través de la búsqueda biblio-hemerográfica en cuanto a; efectos nocivos, su control, aprovechamiento y proponer medidas para desacreditar el carácter de contaminante que le han otorgado a esta maleza.

3.- GENERALIDADES.

El lirio acuático, es originario de la cuenca del río Amazonas. Se sabe que fue introducida a New Orleans en 1884 para adornar en una exposición algodonera, en la cual, a los visitantes se les obsequiaba una planta para llevarla a sus casas, así se disperso por el sur y sureste de los Estados Unidos. Quizá también así es como llegó a México¹ (ver Fig. 1)

El lirio en México.

La infestación del lirio en México es difícil de cuantificar con precisión, dada su velocidad de propagación y crecimiento.

En algunos embalses se agudiza su crecimiento, en otros su infestación es crónica. El último inventario realizado en 1993, reporta que la superficie infestada es del orden de 150.000 hectáreas, cubiertas en 60% por el lirio acuático. Se le encuentra en presas localizadas en 16 estados de la república, siendo los más perjudicados; Jalisco, Tabasco, Hidalgo y Estado de México² (ver Fig. 2)

3.1 Biología del lirio acuático.

Es una planta perenne, herbácea y libre flotante que llega a formar densos tapetes en los cuerpos de agua. Se adapta bien a diversos tipos de hábitat (ríos, lagos, estanques, canales, drenes, etc.)

Exhibe una alta plasticidad morfológica en respuesta a diferentes condiciones de crecimiento. Taxonómicamente pertenece a la familia pontederiaceae y a la especie *Eichhornia crassipes*. En México recibe varios nombres comunes "pato", "lirio", "jacinto de agua", "Tamborcito", etc. Esta planta se caracteriza por tener hojas arroseteadas, de lámina lustrosa, suborbiculares, de forma reniforme redondeada, de 3 a 10 cm de largo y usualmente más anchas los pecíolos inflados, globosos; rizomas flotantes al igual que los pecíolos; el enraizamiento se produce en los nudos; las flores púrpura azul, de 4 a 6 cm de largo e inflorescencia racimosa, espigada, subunida por una pequeña vaina; seis estambres; el ovario de tres loculos, con numerosos óvulos; la cápsula con muchas semillas.³ (ver figura 3)



Figura 1. *Eichhornia Crassipes*

República Mexicana



Estados Afectados

- Colima
- Distrito Federal
- Durango
- Guanajuato
- Hidalgo
- Jalisco
- Michoacán
- Tlaxcala
- Nayarit
- Nuevo León
- Puebla
- Querétaro
- Sinaloa
- Sonora
- Tamaulipas
- Veracruz

Figura 2. Distribución del lirio en México



Fuente: Holm, G. L., et. al., 1977

Nota:

- 1.- Planta
- 2.- Flor. sección vertical
- 3.- Ovario. sección vertical
- 4.- Ovario. sección transversal
- 5.- Cápsula
- 6.- Semilla
- 7.- Peciolo, sección transversal

Figura 3. Morfología de *Eichhornia Crassipes* (Mart) Solms.

Reproducción.

El lirio acuático, se puede reproducir asexual o sexualmente.

La producción de nuevas plantas por reproducción vegetativa es mucho más significativa. En esta se producen estolones horizontales que desarrollan hojas arrosietadas de una yema terminal.

En la producción sexual, los botones aparecen 10 días antes de que abra la flor en los meses más cálidos del año. El ciclo antocinético consiste en una floración y una fase de declive que se completa en 48 horas con un rango de 24°C a 32° C. (ver Fig. 4)

Después de la fecundación, el pedúnculo floral se dobla, empujando las flores marchitas hacia abajo. Si los ovarios alcanzan el agua, el desarrollo de la cápsula continua. La producción del fruto ocurre en 16 a 19 días. Esto ocurre en los periodos de; primavera-verano, verano-otoño y otoño-invierno.

Estructuralmente el lirio se encuentra bien adaptado para una polinización cruzada, a pesar de ello, no se conocen bien a sus polinizadores. Se han observado diversos insectos tales como mariposas, abejorros y abejas.⁴

Ciclo biológico.

Una vez liberadas las semillas, estas a los tres días miden 1mm.

La primera estructura en brotar es el cotiledón, seguido en breve por la raíz y las hojas. En diez días se producen dos o tres hojas. En veinte días los cotiledones desaparecen y forman de cuatro a seis hojas de 15 mm. En treinta días se ha producido siete u ocho hojas y una o tres espatuladas con flotadores incipientes; en 40 días se han formado hojas con flotadores y ya reconoce como plántula del lirio.

El ciclo de semilla es muy lento, dura mas de cinco meses. Un requisito indispensable para la germinación de la semilla no es la luz, sino la escarificación de la semilla⁵ (ver Fig. 5)

Épocas del año en que prolifera un lirio acuático.

En verano y otoño, el lirio acuático alcanza su más elevado índice de proliferación. En invierno, este disminuye notablemente debido a las bajas temperaturas y la escasez de lluvia.⁶

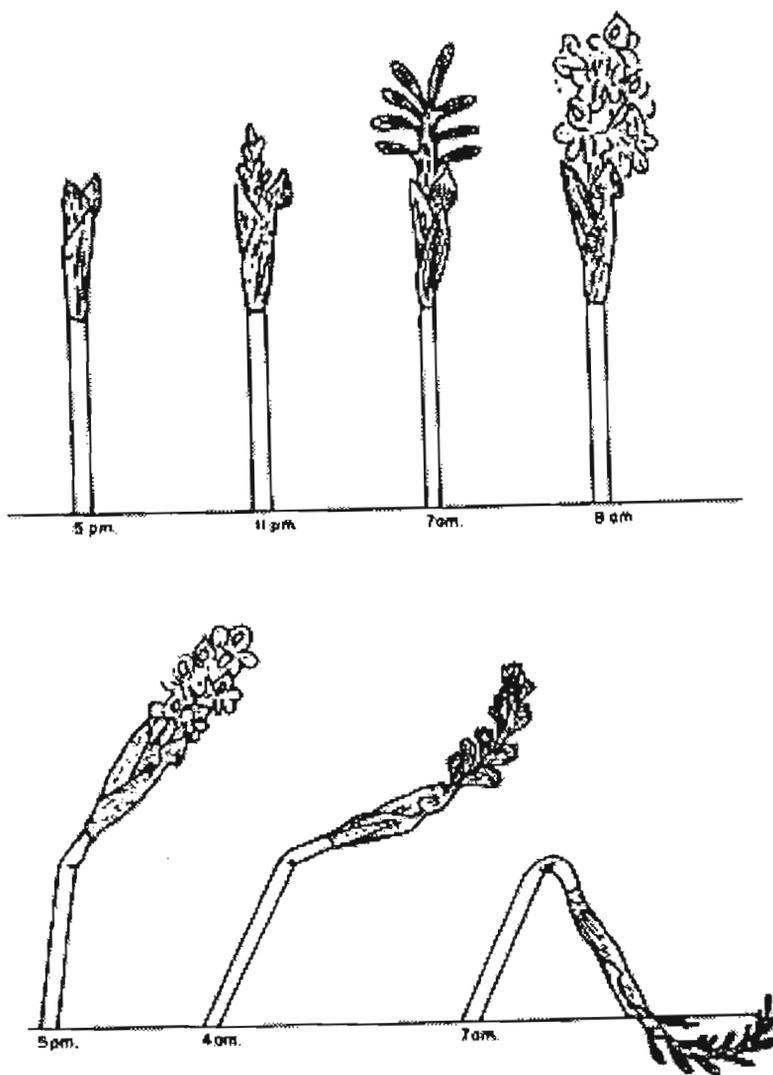


Figura 4. Ciclo anticinético que incluye fases de floración y doblez.

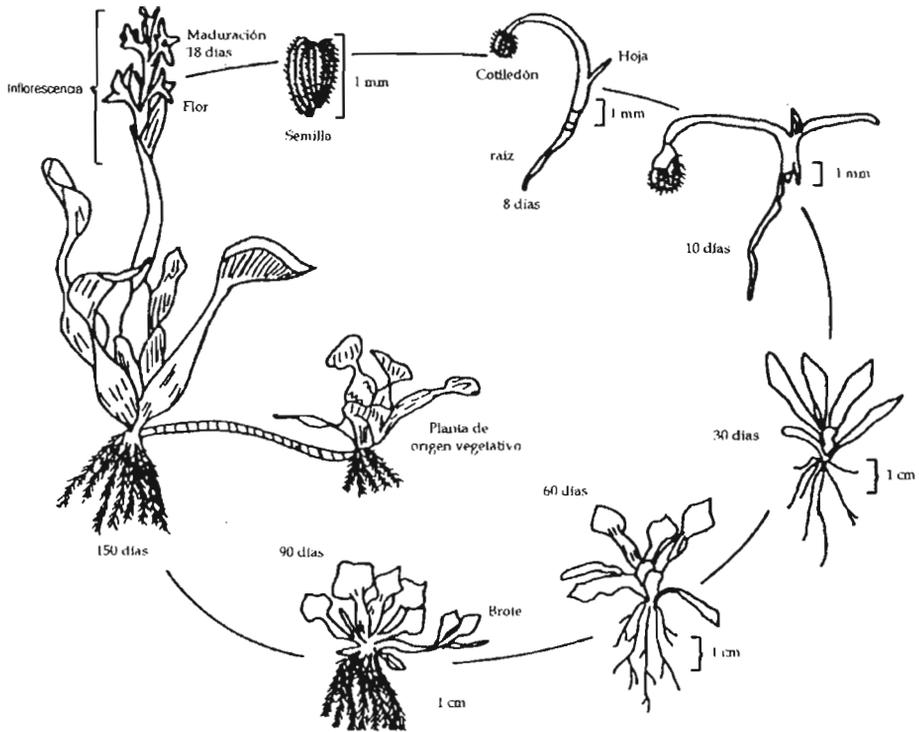


Figura 5. Ciclo del lirio acuático *Eichhornia Crassipes*.

Composición química.

El análisis químico efectuado reporta que el contenido de proteína cruda, varía de un 2% a 23% en base seca, dependiendo del sitio, época del año y edad de la planta que se coseche, así mismo se han anotado datos de digestibilidad de la proteína del 63.5%, con respecto al contenido de fibra cruda, se tienen valores elevados que van del 12% al 20%, lo que dificulta su empleo en animales no rumiantes, aves y cerdos, por ejemplo.

Respecto a los valores encontrados para extracto etéreo, (grasa), oscilan desde 0.1% al 4%. Si se considera el gran contenido de fibra y cenizas se puede comprender que la materia seca sea tan deficiente en energía.

Por último el contenido de humedad es muy alto aproximadamente del 93.23% al 94.09%. Por lo que el contenido de materia seca es tan bajo.

Toxicología.

La información con respecto, a los elementos tóxicos que puede contener el lirio, está a discusión debido al origen del material vegetal analizado, ya que es posible que si algún trabajo reporta a un elemento tóxico, esta tenga relación con la calidad del agua donde crece el lirio, por ejemplo, alguna presa con desechos industriales o domésticos.

Ventajas.

Crece rápidamente por el exceso de nutriente del embalse, acumulando en sus tejidos sustancias nocivas, tóxicas como son algunos contaminantes.

Si el lirio es retirado estas sustancias salen del embalse, si no, al morir y desintegrarse el lirio se reincorporan al agua.

Las hojas y las raíces son soporte de una nutrida fauna, que van desde los microscópicos copépodos y crustáceos hasta los insectos y peces, sirviendo para que algunos peces grandes como los charales, pescados blancos y carpas, se reproduzcan y depositen sus huevos. Las franjas no muy grandes del lirio en la orilla de los embalses, impiden que el oleaje erosione a esta, protegiendo a otro tipo de vegetación. Los organismos que se desarrollan en el lirio los aprovechan las aves acuáticas.

Tipos de hábitats.

Los hábitats de las plantas nocivas acuáticas, incluyen tanto acuáticos, en su sentido estricto, o como de naturaleza palustre o saturados de agua.

Los medios estrictamente acuáticos se pueden clasificar, en función del movimiento del agua; en regiones de agua estáticas (leníticas), como son: estanques, lagos y represas. Y corrientes (lóticas) incluyen; canales de riego y de drenaje, arroyos, ríos y esteros.

En general las zonas palustres son tierras marginales que bordean estas, diversas extensiones de agua y que en cuanto a biota y medio ambiente, a menudo son una transición entre hábitats estrictamente acuáticos y hábitats terrestres.¹⁰

3.2 Ecología del lirio acuático.

Se descarta a la precipitación pluvial como factor de importancia primaria en el crecimiento del lirio acuático.

En cambio la luz si influye en la producción de flotadores, que se forman solo con buena iluminación y agua de alta presión osmótica.¹¹ (ver Fig. 6)

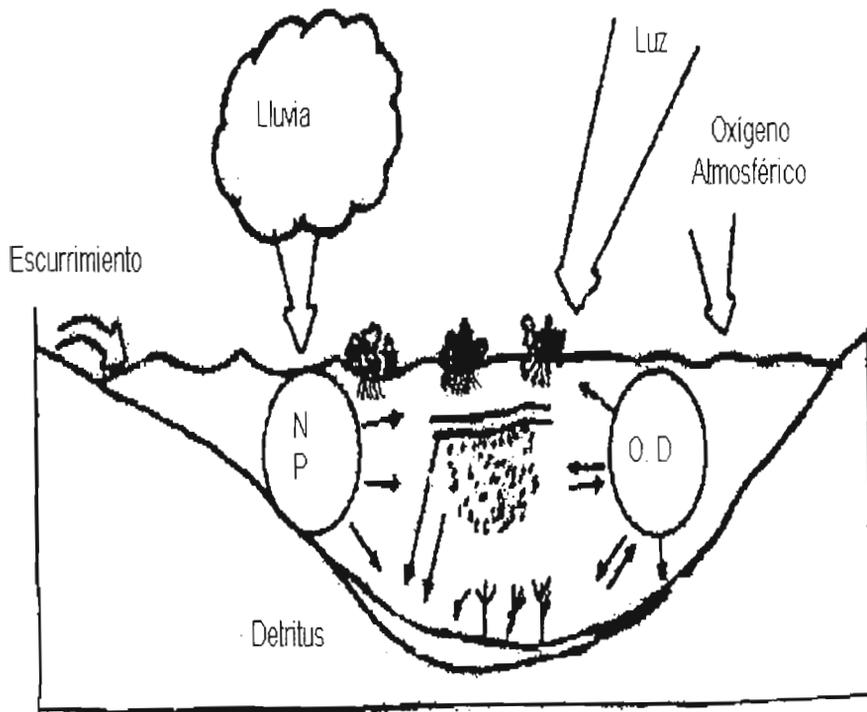
pH.

La concentración del ión hidrógeno en el agua, también influye en el metabolismo del lirio acuático, pudiendo tener efectos críticos en su acción fisiológica. Encontrándose en aguas con pH de 4 a 10 y adquiere el rango de infestación masiva entre 6.2 y 7.6 en todo el mundo. Se ha comprobado en pruebas de laboratorio que el máximo crecimiento se da a pH 7.¹²

Tasa de crecimiento y productividad.

La producción y productividad del lirio acuático se ha medido convencionalmente, considerando su biomasa por unidad de área en un tiempo dado; esto es lo más común. La producción de biomasa del lirio es sumamente alta, llegando a ser hasta 10 veces más productivo que algunas leguminosas.

En climas templados, las altas tasas de crecimiento del lirio le permiten mantenerse por años, a pesar de la alta tasa de mortalidad de invierno, por esta razón los estudios sobre crecimiento, son en primavera-verano.¹³



- O.D. Oxígeno Disuelto
- N. Nitrogeno
- P. Fósforo

Figura 6. Principales componentes de un Ecosistema acuático para su modelación.

3.3 Eutrofización.

Etimológicamente, el término eutrófico viene del griego eu-bien y trofein-nutrir. Por lo que eutrofización, es el enriquecimiento de nutrientes y el consiguiente aumento de la producción vegetal.¹⁴

Causas de la aceleración de la eutrofización.

Un cuerpo de agua, virgen de toda contaminación humana pasa, naturalmente del estado oligotrófico al eutrófico mas o menos lentamente, según sea su profundidad de este. Pero este envejecimiento natural de lagos, ríos etc., es extremadamente lento y en todo caso fuera de toda posibilidad de observación a escala humana.

Por lo anterior se prestaba muy poca atención al estudio de este fenómeno, hasta hace pocos años que el problema a tomado tales proporciones que, sin hacer investigaciones, los observadores menos informados han quedado sorprendidos por la alteración visible y extremadamente rápida, por ejemplo del lago, en cuyas proximidades habitan.

Conviene conocer cuales han podido ser las causas de la eutrofización excesiva, constatada desde hace algunos años. Estas causas parecen ser las siguientes: ¹⁵

Crecimiento de la población.

La población de los núcleos urbanos ha experimentado un crecimiento muy considerable en los últimos años. Por añadidura, en las orillas de los lagos, junto a la población fija, se ha desarrollado una población cada vez más numerosa de veraneantes y excursionistas. Se ha reportado que una persona produce diariamente 1.5 g de fósforo y 12 g de nitrógeno, en forma de desechos, lo que supone, anualmente, mas de 0.5 Kg de fósforo y 4 Kg de nitrógeno. A estas excretas humanas, parte de las cuales van a parar a los cuerpos de agua, hay que añadir las producidas por animales domésticos.¹⁶

Tratamiento de aguas residuales, industriales y domésticas.

Es el conjunto de operaciones unitarias, así como procesos biológicos y químicos que se les da a las aguas residuales, transformándolas en materiales inocuos.

Los grados de tratamiento requeridos para ciertos usos, de un agua residual, dependen fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente:

- Tratamiento preliminar: Tiene por objeto eliminar sólidos de tamaño considerable como piedras, papeles, plásticos, madera, lodos, arena, etc. Se efectúa por medio de un desarenador, que es un canal de velocidad constante.

- Tratamiento primario: Separa los sólidos suspendidos más pesados que el agua. Se realiza en tanques circulares o rectangulares.
- Tratamiento secundario: Elimina la materia orgánica disuelta en el agua, con tal propósito se puede emplear el método químico o procedimientos biológicos. En esta fase se emplea el lirio acuático con buenos resultados, dando como producto un agua de buena calidad.
- Tratamiento terciario: Implica la purificación del agua para volver a utilizarla nuevamente. El tratamiento se selecciona de acuerdo con el uso a que se destine el agua.

Empleo masivo de detergentes.

Con objetos de favorecer su eficacia, suele añadirse a los detergentes una cierta dosis de polifosfatos. Su utilización ha ido en aumento, por lo que haciendo una aproximación, sería esta de unos 9 Kg. al año, de consumo familiar, estos 9 Kg. contienen 0.5 Kg. de fósforo, que se suman, en las aguas residuales, a los 0.5 Kg. de procedentes de las excreciones.¹⁷

Abonos procedentes de cultivos agrícolas.

Se considera que los abonos naturales (estiércol y purina), utilizados principalmente en praderas, aportarían, por hectárea, 100 Kg de nitrógeno, 14,5 Kg de fósforo y 65 Kg de potasio. Así lagos que se encuentran rodeados de terrenos abonados regularmente con estiércol reciben por sus afluentes cantidades considerables de sustancias fertilizantes.¹⁸

Abonos artificiales.

En la actualidad la mayoría de las tierras cultivadas reciben abonos artificiales, de los cuales por la acción de la erosión y el drenaje, una parte del nitrógeno y el fósforo del suelo es transportada por los cursos del agua para acumularse en su caso, en lagos, ríos, etc.¹⁹

Tratamiento de las aguas de abastecimiento.

Los polifosfatos se emplean, entre otras aplicaciones, para el tratamiento de ciertas aguas incrustantes, a fin de evitar la incrustación, así como en el caso de aguas demasiado agresivas para corregir sus efectos de corrosión. De este modo, los cuerpos de agua pueden recibir una carga suplementaria de nutrientes en forma de polifosfatos, si bien, cuantitativamente, esta carga es, sin duda, mucho menos importante que las reseñadas anteriormente.²⁰

E F E C T O S N O C I V O S

4.- EFECTOS NOCIVOS

A la fecha, a excepción de las zonas carentes de aguas dulces superficiales (California y Yucatán), se puede encontrar el lirio acuático en toda la República Mexicana. Por lo que los daños que esta planta ocasiona son específicos en los diferentes puntos del país.

Dichos perjuicios, por lo regular, se observan muy ajenos a los diversos grupos sociales, sobre todo los que habitan el medio urbano, lamentablemente no es así, es un hecho que el equilibrio ecológico se ha perdido y los efectos adversos todos los padecemos o los vamos a sufrir.²⁹

En si que el crecimiento desmedido de las malezas acuáticas pueden evitar o disminuir el uso de los recursos acuáticos.

Los problemas generados por la presencia del lirio, en los cuerpos de agua son:

4.1 Evaporación

Una superficie dada con lirio aporta mas agua a la atmósfera por transpiración, que la aportada por una superficie de agua de las mismas dimensiones por evaporación física. En una zona semitropical: 1m² de lirio acuático puede evaporar hasta ½ m³ de agua cada 24 horas. Sumando a lo anterior, que las zonas aledañas a los cuerpos de agua, han sido deforestados lo que en conjunto contribuyen a romper con el ciclo biológico del agua, así como una de sus principales funciones, que es la de humectar al medio ambiente.³⁰

4.2 Interferencia

Es difícil creer que potentes turbinas generadoras de electricidad puedan ser obstruidas y bajar su eficiencia debido a conglomerados de lirio acuático, e inclusive llega a detenerlas. Además de ocluir los sistemas de suministro de agua potable, cooperando a la disminución del vital liquido, a las grandes ciudades, donde cada día es más difícil su distribución. Por ultimo otra afectación, en cuanto a obstrucción, se da en canales de riego.³¹

4.3 Interferencia a Embarcaciones

La navegación con botes convencionales de propela con motor fuera de borda, en zonas invadidas por malezas acuáticas superficiales, se vuelve muy dificultosa o imposible, En algunas regiones donde la infestación es muy densa, literalmente resulta impenetrable aún con barcos sumamente potentes.³²

Dificulta la pesca

Afecta la operación de las artes de pesca como atarraya, la red agallera es arrastrada por los movimientos del lirio, al igual que trampas y líneas de anzuelos. Esto se vuelve un drama para los grupos de personas que viven de esta actividad, que de por sí ha venido a menos, por; sobre explotación, destrucción del hábitat de los peces, etc. Situación que se da, en el lago de Patzcuaro, en el estado de Michoacán.³³

Turismo

El turismo es otro de los sectores que ven alterados sus actividades, recreativas principalmente; como son; esquí acuático, veleo, natación, buceo, etc., Así como los clásicos paseos de fin de semana lo que en conjunto crea problemas a los diferentes prestadores de servicios. Los anteriores ejemplos, Son observados en; presa Guadalupe, localizada en Cuautitlán Izcalli, Municipio del estado de México y presa Vicente Guerrero, en el estado de Tamaulipas.³⁴

Infraestructura

Las propiedades que se construyen a los alrededores de los cuerpos de agua y que llegan a considerarse como zonas exclusivas, llegan a devaluarse, cuando el lirio acuático invade el agua, pero es justo especificar que no es una coincidencia que esta planta se convierta en maleza cuando los drenajes domésticos vayan a parar al embalse.³⁵

Ecología

Se ha demostrado que el lirio acuático abate la temperatura, pH, oxígeno y la alcalinidad de los bicarbonatos del agua, e incrementan notablemente el dióxido de carbono disuelto. La razón de las altas concentraciones de CO₂ y bajo oxígeno disuelto (en ocasiones de cero), es la alta descomposición anaeróbica de lirio y detritus en el tapete, que incrementa la actividad respiratoria de los organismos y el descenso en la tasa fotosintética por efecto de sombreado alterando la cadena alimenticia, la anoxia ocasiona mortandad masiva de organismos. Participando directamente en la eutrofización de los cuerpos de agua.

Al reducirse sustancialmente la luz, se colorea el agua y adquiere olor y sabor desagradables, degradando su calidad para diferentes usos.

4.4 Salud pública

El lirio, al ser una planta flotante, favorece la creación de microclimas que a su vez proveen de hábitat y alimento a una serie de animales y vectores de enfermedades humanas como son:

Malaria.

Los parásitos de la malaria son transmitidos por el mosquito *Anopheles*, la presencia de cuyas larvas se correlaciona con altos valores de vegetación por unidad de área.

Manifestaciones clínicas.

Se resume básicamente en; escalofrío, fiebre, y sudoración, asociados con anemia, leucopenia y posteriormente a esplenomegalia.³⁷

Filariasis.

Tiene como principales vectores a los moscos del género; *Anopheles*, *Culex* y *Mansonia*.

Manifestaciones clínicas.

Se presenta dolor y adema en genitales región inguinal o extremidades. Posteriormente se tiene la llamada elefantiasis, afectando genitales y miembros inferiores.

Afortunadamente, en México, no es problema de salud pública. Siendo endémica en Africa ecuatorial, Asia tropical, Islas del Caribe y Noreste de Brasil.³⁸

Fasciolosis.

El vector de esta enfermedad es el caracol del género *Limnaea*, en el cual se reproducen y forman las fases parasitarias de la fasciola hepática.³⁹

Manifestaciones clínicas.

En México es un problema a nivel veterinario, se han reportado casos humanos en Africa, Asia, Chile y Argentina. Los principales síntomas son; fiebre, hepatomegalia dolorosa, ictericia, náuseas y vómito.⁴⁰

Esquistosomiasis.

La esquistosomiasis es transmitida por los gasterópodos acuáticos; *Bulinus*, *Bromohalaria* y *Oncomelania*. El caracol vive en microhabitats creado por el lirio y es huésped de las formas parasitarias de la enfermedad. Es de prevalencia alta en Brasil y en las Islas del Caribe. En México no se reportan casos.

Manifestaciones clínicas.

Se inicia con la dermatitis pruriginosa causada por la invasión de las cercarías a la piel. Se observan lesiones hemorrágicas puntiformes semejantes a picaduras de pulga.⁴¹

T É C N I C A S

5.- TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DEL LIRIO ACUÁTICO, DENSIDAD, COBERTURA Y CRECIMIENTO.

En México, se han efectuado algunos esfuerzos respecto al control del lirio acuático, los resultados no son del todo satisfactorios; la razón en parte es debida a que estos intentos de control no se sustentan bajo una premisa científico-técnica que evite la pérdida económica, invertida para esta actividad. Por lo que cualquier intento que pretenda el establecimiento de un control mecánico, biológico o de otro tipo, necesariamente tendrá que tomar en cuenta la siguiente información: dimensiones del cuerpo de agua, área infestada por la maleza (cobertura), dinámica o patrón de crecimiento y densidad en diferentes épocas del año. Parámetros dinámicos que son función de las condiciones ambientales de cada sitio.²¹

5.1 Densidad

Se define como el número de individuos o biomasa de la población que existen en una determinada área o volumen. El efecto que ejerce una población del lirio sobre el ecosistema acuático, depende evidentemente de su abundancia.

Aunque si bien la densidad es muy variable, no es en modo alguno infinitamente variable, si no hay límites superiores e inferiores que se observan en la naturaleza o que podrían existir por cualquier periodo de tiempo considerado.

El establecimiento de estos límites de densidad son función de la acción conjunta tanto de factores físicos, tales como la luz y espacio disponible, químicos como los nutrientes, pH y biológicos de la competencia y organismos patógenos.²²

Técnica para medir la densidad.

La forma más directa de calcular la biomasa del lirio por unidad de área (densidad), es pesarlo en el campo. Sin embargo, se tendrá que tomar una pequeña porción de la población vegetal y usar esta muestra para estimar el total. La técnica más complicada es el muestreo con cuadrantes estándar. El mecanismo general es el de pesar el lirio en varios cuadrantes de tamaño conocido y con ellos extrapolar el promedio al área general.²³ (Ver fig. 7)

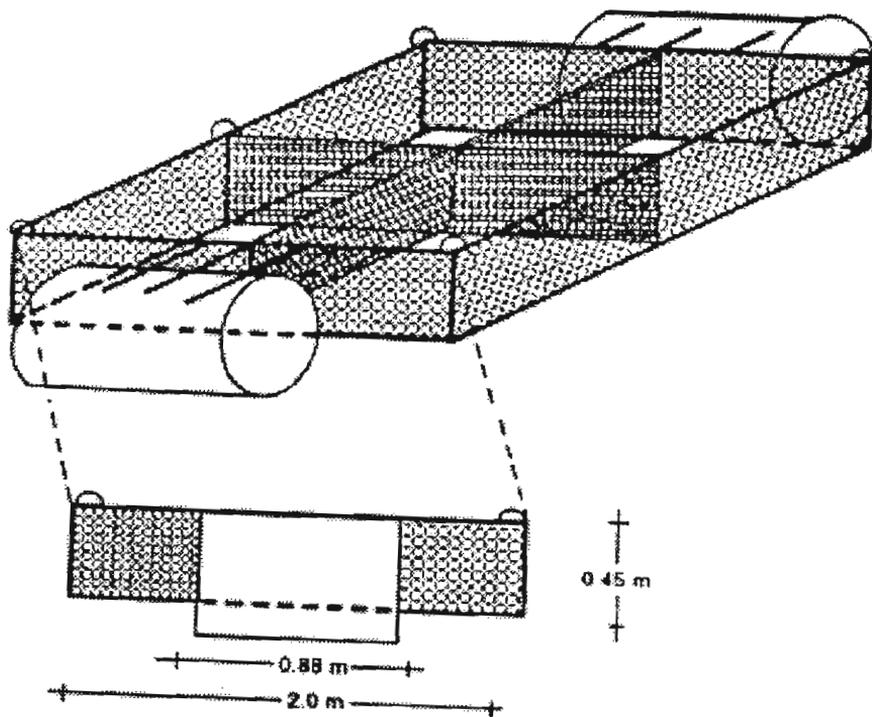


Figura 7. Corrales para confinamiento del lirio acuático.

El procedimiento puede ser el siguiente:

Material:

Un cuadrante con un área interior de 1m^2 .

Bieldos, dinamómetro calibrado de 50 +/- 1 Kg de capacidad, costales entre tejidos de plástico, tijeras y/o machete.

Con un recorrido de reconocimiento se procede a la selección de los sitios de muestreo, que podrán ser definidos en función de la accesibilidad del cuerpo de agua en cuestión, considerando indicadores como; áreas de compactación del lirio por el viento, tamaño de los tapetes de las plantas entre otros.

Realizado lo anterior se lleva a cabo la siguiente metodología:

- Se coloca el metro cuadrado en el tapete del lirio seleccionado, procurando introducirlo lo más posible en la base de las plantas.
- Se procede a cortar por abajo del perímetro exterior del cuadrante, aislándola en el interior del mismo.
- Se extraen las plantas del interior con la ayuda de los bieldos cuyos mangos de preferencia deberán ser largos.
- Se depositan en los costales de plástico y se dejan escurrir por 7 minutos.
- Posteriormente se pesan, obteniéndose la densidad en peso húmedo, la cual estará expresada en kg/m^2 .

La confiabilidad de estas determinaciones dependen de 3 factores:

- Se debe conocer con exactitud la biomasa de cada cuadrante, lo que al cortar el lirio, por fuera del cuadrante, pretende obtener al pesar la biomasa contenida en él.
- Es necesario conocer con precisión el área de cada cuadrante.
- Los cuadrantes deben ser representativos del área total.²⁴

Cobertura y biomasa total.

Es conveniente conocer la cantidad total de maleza existente en un determinado sistema, por lo que se utiliza el concepto de cobertura, la cual debe estimarse simultáneamente con la densidad.²⁵

5.2 Cobertura.

Es la proporción de espacio ocupado por las partes aéreas de las plantas, tomando en cuenta una proyección perpendicular al espacio total donde estas crecen, o lo que es lo mismo, es la proporción de un espacio cubierto por la maleza cuando este espacio es visto desde arriba.

Los pasos recomendados para estimar la cobertura y posteriormente la biomasa total existentes son los siguientes:

- Desde el punto más alto sobre el horizonte en forma visual se ubican los puntos de referencia, lo más cercano, a las costas del lago o embalses de estudio, los que posteriormente son ubicados y localizados en un mapa.
- Con la ayuda del mapa y los puntos establecidos en él, se estima la superficie, ocupada por el lirio, en porcentaje respecto al área total.
- La determinación de la biomasa total del lirio acuático se obtiene, multiplicando la densidad por la superficie infestada.²⁶

5.3 Crecimiento.

La cinética de crecimiento de la maleza está sujeta a diversos factores tales como; nutrientes, clima, espacio y compactación, por lo que el crecimiento se espera que varíe de lugar a lugar por lo anteriormente citado y a las condiciones de la calidad del agua, siendo necesario determinarse en cada sitio.

Se define al crecimiento como el aumento en peso en un tiempo determinado. Si se habla del aumento en peso por unidad de área por unidad de tiempo, se tendrá que hablar de una estimación de la productividad, considerándose más correcto.

La metodología que a continuación se presenta tiene como objeto estimar los cambios de biomasa por unidad de área, por unidad de tiempo (productividad) Así como determinar en cada cuerpo de agua la biomasa máxima posible por metro cuadrado.

Para lograr tal objetivo, es necesario confinar a la planta en corrales de área conocida y con una biomasa inicial también conocida. Posteriormente medir el aumento en peso con una determinada frecuencia.

Para llevar a cabo este procedimiento deben construirse cuando menos dos corrales de 4 m², según las especificaciones para llegar a tener 8 áreas de 1 m² disponibles.²⁷

Procedimiento.

- Los corrales de confinamiento del lirio una vez instalados en un lugar accesible, se manejarán de la siguiente forma:
- Se extrae todo objeto del interior de los m².
- Se seleccionan plantas jóvenes visualmente sanas, sin retoños y de tamaño uniforme. Se aconseja separar plantas sin ningún daño físico y de 3 a 5 hojas.
- De este tipo de plantas se depositan 1 Kg por cada m².
- Al término de 30 días, se obtienen el peso húmedo de 4 de los m², siguiendo el mismo procedimiento de determinación de densidad por cuadrantes.
- Al cumplimiento de los 60 días, se repite la misma medición pero a otros dos metros cuadrados, y esto mismo se efectúa a los 90 días con los dos metros cuadrados restantes.
- Esto tiene la finalidad de manejar promedios de cuando menos dos replicas.
- Con este manejo se dispondrán de cuatro mediciones a los 0, 30, 60 y 90 días. Las mediciones de preferencia deben realizarse considerando las estaciones del año.²⁸

A P R O V E C H A M I E N T O

6.- APROVECHAMIENTO.

Debido al problema que constituye la proliferación del lirio acuático en los cuerpos de agua, se han realizado diversas investigaciones con diferentes enfoques, con el fin de darle a esta planta acuática una utilidad práctica. Ya que constituyen un recurso de gran valor potencial en su aprovechamiento, por ser un producto natural que no necesita mano de obra, fertilizantes, siembra o cuidados especiales.

6.1 Fertilizante verde.

El lirio acuático puede ser empleado como fertilizante verde, en combinación con algún otro abono, haciendo las funciones de reestructurador de suelos, restituyendo a esto algunos de los minerales que les hacen falta, e impidiendo la erosión al obtener mucho mayor retención de fertilizantes, teniendo el suelo una gran cantidad de materia orgánica.

Se obtiene también, un aumento a la retención de agua, y un auxilio para reducir el pH del suelo, que debe tender a la neutralidad para asimilar el máximo de nutrientes.⁴²

Composta.

Consiste en el empleo de la materia orgánica animal o vegetal, en estado de descomposición, y se utiliza como fertilizante, o como acondicionador de suelos.

Aunque la composta y el abono vegetal mejoran las cualidades del suelo, la mejoría es menor que la obtenida de fertilizantes minerales, esto se debe a que la composta contiene, a menudo 1.5 – 4.0% de nitrógeno, 0.5 – 1.5% de fósforo y 1.0 – 2.0% de potasio; mientras que los fertilizantes minerales contienen una concentración mucho mayor que estos nutrientes.

Se debe considerar que, el lirio acuático, cosechado en aguas contaminadas con sustancias tóxicas, puede producir una composta dañina, tanto para humanos, como animales y plantas. Un análisis de las plantas y de la composta producida deben preceder su uso. La composta del lirio presenta un inconveniente; la fibra no se degrada fácilmente,

por lo que el proceso lleva de 4 a 6 meses. Resultando demasiado cara para ser usada como abono, pero es excelente como base para jardines, hortalizas e invernaderos.

En Sri Lanka, se elabora composta hecha con lirio acuático picado, mezclado con pequeñas cantidades de ceniza, tierra y estiércol de vaca.⁴³

6.2 Alimento para ganado.

Las hojas del lirio acuático, contienen del 15 al 35% de proteína (en base seca), lo cual es excepcionalmente alto. Los aminoácidos están presentes aproximadamente en las mismas proporciones que en forrajes terrestres con un contenido similar de proteína cruda.

Además, el gran contenido de fibra lo convierte en sustituto potencial de los alimentos de relleno, como la paja y el olote.

En el sureste asiático, algunos animales no rumiantes son alimentados con lirio acuático. En china los puercos son alimentados con una mezcla de lirio acuático destazado, desperdicios, vegetales, hoja de arroz copra y sal; todo hervido. Se siguen prácticas similares en Malasia, Filipinas y Tailandia.

En América se ha intentado en; México, Iowa U.S.A, Argentina y Brasil.

6.3 Elaboración de papel y aglomerados.

La universidad de Florida, U.S.A., en un experimento llevado a cabo, empleo al lirio para hacer papel, según el siguiente procedimiento:

- Las plantas destazadas fueron pasadas por un molino triturador para reducirlas en partículas pequeñísimas; la pulpa resultante fue lavada con agua a alta presión con lo que quedo únicamente 20% de la planta recuperada como fibra limpia. Esta fue secada y almacenada.
- La fibra fue convertida en pulpa en un digestor experimental y se usó en diferentes procesos. Se obtuvo un papel oscuro y con apariencia sucia, pero la cantidad de pulpa producida es muy baja para hacer la producción económicamente factible.

El Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrolla actualmente en el departamento de vegetación acuática, los estudios

preliminares para la obtención de tablas aglomeradas de lirio acuático, con resultados favorables.

En el centro de investigación de Materiales de la U.N.A.M., se estudia la posibilidad de elaborar paneles para construcción a partir de la hemicelulosa que contiene el vegetal acuático.⁴⁵

6.4 Fuente de energía. (Biogás)

La obtención de combustibles a partir de las malezas acuáticas, aun a pequeña escala tiene un gran porvenir, especialmente en países en vías de desarrollo, en los que existe una gran cantidad prácticamente ilimitada de malezas acuáticas.

Las malezas acuáticas se convierten en biogás por medio de descomposición de las bacterias anaerobias. Las bacterias que producen metano son comunes en la naturaleza, por ejemplo, en los fondos lodosos, en aguas estancadas donde producen el llamado "gas del pantano".

Según los experimentos pioneros de la N.A.S.A., en Estados Unidos una hectárea de lirio acuático (base seca), produce mas de 70 000 m³ de biogás. Cada kilogramo de lirio en base seca produce 370 litros de biogás, con un contenido de 695 de metano, y un valor calorífico de 22 000 kJ/m³, en contraste con el metano puro que tiene un valor de 33 300 kJ/m³.

Hace falta todavía investigación y el desarrollo de digestores especiales, sencillos de operar, y de bajo costo para poder procesar el lirio y transformarlo en biogás.

En América en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Puerto Rico y Estados Unidos se han realizado proyectos para la producción de gas.⁴⁶

6.5 Artesanías.

Los pecíolos son separados de la hoja, puestos a secar al sol, produciéndose una fibra de tejer. Los pecíolos secos del lirio acuático sirven para elaborar productos tejidos de fibra como, bolsas y canastos, que son sumamente durables y resistentes, y a la vez suaves al tacto.

Se tienen reportes provenientes de Filipinas, en donde la producción de canastas comenzó recientemente, de que la demanda por la planta esta superando la disponibilidad de la misma.⁴⁷

6.6 Producción de carbón activado.

La masa de lirio acuático se puede combustionar en incineradores caldera que produzcan carbón como residuo utilizable y generen vapor para la producción de energía eléctrica ("Cogeneración"), para su empleo en comunidades ribereñas.

Al día de hoy existe en la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del D.D.F. experiencia acumulada útil en cuanto a la producción de carbón activado de buena calidad.

En el Instituto de Química de la UNAM, se propuso la siguiente técnica; el lirio seco fue molido, tamizado y mezclado con el activante, después se carboniza y se adiciona una solución, se filtra y el sólido remanente se lava se seca y se tamiza por malla 200.

En Brasil se reportan experiencias efectuadas a través de la carbonización del lirio y su posterior impregnación con $ZnCl_2$, como activante, a diferentes condiciones de temperatura, siendo la optima a 700 °C.⁴⁸

6.7 Preparación de pinturas.

La planta seca del lirio acuático puede ser convertida en carbón y usado como pigmento negro, en formulas de tintas y pinturas. El pigmento representa 40% de peso seco de las plantas sometidas a pirólisis a 350 °C. Al pigmento se le adiciona resina alquídica, como aglutinante, en proporción de 1: 2 (pigmento; resina), en presencia de xileno, para obtener la viscosidad deseada.⁴⁹

6.8 Uso como indicador biológico.

El lago Yojoa tiene un recurso natural poco estudiado en Honduras, que es el lirio acuático. La Universidad Nacional Autónoma de Honduras, ha estudiado uno de los potenciales usos que se puede aprovechar por su capacidad de absorber y concentrar gran cantidad de metales pesados y otros tóxicos y usarlos como indicador biológico para el monitoreo de la contaminación por metales pesados.

En la República de Cuba, se ha usado para evaluar la contaminación mercurial en el Río Sagua de la grande provocada por el vertimiento de residuos de una planta clorosa.

Los residuos hasta ahora obtenidos muestran la capacidad de esta planta para bioacumular este metal tóxico, por lo que se le considera un "depurador natural".⁵⁰

6.9 Filtros biológicos.

En Brasil, el departamento de ingeniería sanitaria, investiga la posibilidad de remoción de algas y bacterias coliformes en afluentes de lagunas de estabilización, haciendo uso de lagunas de maduración con jacintos; cuya acción depuradora se asemeja al tratamiento con filtro biológico.⁵¹

6.10 Tratamiento de aguas negras.

Las aguas negras contienen materiales tanto orgánicos como inorgánicos. En el tratamiento biológico de dichas aguas las bacterias, hongos, zooplancton y algas degradan y emplean estos materiales complejos, resultando una agua tratada rica en nitrógeno, potasio, fósforo y otros elementos. Estas van a dar generalmente al río o lago más cercano sin considerarse las consecuencias.

Estudios recientes han permitido descubrir que algunas plantas acuáticas, entre las que se encuentra el lirio acuático, pueden alimentarse de compuestos inorgánicos y de algunos compuestos orgánicos del agua.

Los lirios acuáticos extraen con facilidad de las aguas residuales metales pesados tales como; oro, plata, cobalto, estroncio, cadmio, níquel, plomo, mercurio, fenol y agentes cancerígenos.

Algunas investigaciones señalan que la extracción de los metales se realiza por la captura física de las partículas suspendidas del mineral y su subsecuente quelación en los sitios aniónicos de la pared celular del vegetal.⁵²

Esta maleza acuática limpia el agua tan rápida y efectivamente, que están siendo consideradas para dar el toque final, a las aguas ya tratadas con otros medios. El lirio acuático es ideal para el tratamiento de aguas, ya que también recibe algas y bacterias fecales, reduciendo los compuestos causantes del mal olor.

Se reporta que el agua una vez tratada es clara, inodora, con poco nitrógeno y algo de fósforo. Parte de la mejoría es causada por el lirio solo indirectamente, pues esto acelera el crecimiento de otros microorganismos que se alimentan de las bacterias.⁵³

En Ames, Iowa, Estados Unidos, se comprobó la utilidad de los lirios acuáticos para tratar las aguas residuales de un criadero de 700 cerdos. El sistema fue eficaz para remover nitrógeno, fósforo y DQO (demanda química de oxígeno), con un aumento en la evapotranspiración a 116%. Los resultados indican que una laguna de 1 acre (0.4 hectáreas) y 0.46 metros de profundidad, puede renovar 9000 galones de agua residual por día.⁵⁴

En la Universidad de Florida, E.U.A., se encontró una correlación directa entre el porcentaje de extracción de nutrientes y el parámetro de "loading", área de la superficie por unidad de flujo.

La extracción de nutriente fue mayor en las lagunas de menor profundidad (0,34 m en vez de 1.4 m) y con mas tiempo de detención (48 horas en lugar de 15 horas)

Los resultados de estudios realizados, en Austin, Texas, E.U.A., demostraron que los lirios acuáticos, son eficaces para extraer algas, bacterias coliformes, además de extraer metales pesados, PCBs y plaguicidas. Se recomienda el uso de peces (Gambusia) para el control de los mosquitos.⁵⁶

Debe quedar claro, que sistemas de aguas residuales que utilizan plantas acuáticas deben producir el agua clara, sin olor y con niveles aceptables de oxígeno, nutrientes y organismos productores de enfermedades. Son los beneficios que se obtuvieron en Australia al usar el lirio acuático, los resultados indicaron que con un tiempo de detención de 10 días, las plantas extrajeron el 99 % del nitrógeno y del potasio, el 87 % del sílice y el 65 % de fosfato. La DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno 5) inicial de 52 mg/L se redujo 23 mg/L. Asimismo proponen la utilización de los pantanos existentes para filtrar efluentes domésticos.⁵⁷

En Estados Unidos, los experimentos han concluido, que la incorporación de lirios acuáticos mejora significativamente la eficacia de las lagunas y reduce los sólidos suspendidos, la DB05, los nutrientes y el contenido de carbón orgánico.

En el laboratorio de Administración del Espacio, se investigaron varios sistemas de tratamiento de aguas residuales, usando lirios, que en la actualidad se utilizan en numerosas ciudades, tales como; Coral, Springs, Disney World, San Diego y Río Hondo, E.U.A.⁵⁸

Por ultimo la empresa automotriz Ford, (Hoy Autolatina), ubicada en General Pacheco, Argentina. Incorporo jacintos a su planta de tratamiento secundaria, corroborando la eficacia y sencillez del sistema. Se observo una descontaminación física y química del agua tratada.⁵⁹

Experiencias realizadas recientemente en Montevideo, Uruguay por un grupo interdisciplinario donde participaron vecinos y funcionarios, lograron mejorías sustanciales en el saneamiento del arroyo Miguelete, con la aplicación de esta tecnología (uso de juncos).⁶⁰

Si bien los métodos para el tratamiento de aguas residuales industriales son los mismos que utilizan para el tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales, hay una gran diferencia; la disposición final de las plantas para que se cosechen, ya que estas ahora están contaminadas peligrosamente con sustancias tóxicas.

Estas plantas no pueden diseminarse sobre las tierras de cultivo para enriquecer el suelo, como se hace con las plantas que se extraen de las lagunas de estabilización que procesan las aguas residuales domésticas.⁶¹

C O N T R O L D E L
L I R I O A C U A T I C O

7.- CONTROL DEL LIRIO ACUATICO

Ante la magnitud de los problemas que ocasiona, desde principios del siglo XX, se han utilizado diversas maneras o métodos para eliminar o erradicar esta maleza acuática.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que por su capacidad reproductiva, facilidad de dispersión y resistencia a condiciones no puede erradicarse, sino únicamente controlarse.⁶²

Control.

Puede definirse como el proceso de reducción del número de organismos o biomasa (referido a una área), a un grado en que esta no causa problemas y que por lo tanto se considera como susceptible, su control.⁶³

La mejor estrategia de control es aquella capaz de disminuir la biomasa del lirio, a un costo razonable, sin afectar negativamente el ecosistema y los aprovechamientos benéficos del agua.⁶⁴

El control del lirio, básicamente consiste en estrategias a:

- Largo plazo: dirigidas a la causa y que se refieren al control de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno.
- Corto plazo: los esfuerzos son dirigidos al efecto, es decir, un procedimiento que reduzca la cantidad de plantas a una velocidad mayor que la de su reproducción natural.

Existen típicamente cuatro técnicas de corto plazo y son:

- **Método manual o mecánico:** que se realiza mediante la remoción o destrucción en el sitio donde causen problemas.

- Método químico: consiste en la aplicación de sustancias químicas (herbicidas) sobre las plantas, para producir su muerte y hundimiento. Un ejemplo de esto es el producto basta 20 S
- El método de la manipulación del hábitat: es el manejo de las condiciones ambientales, principalmente la disminución del nivel del agua.
- Método integral: es la utilización de dos o más técnicas de control juntas o en serie.

A largo plazo se tiene:

- El método biológico: consiste en utilizar a otros organismos (insectos, bacterias, hongos, peces, manatíes, etc..) para controlar la maleza y puede considerarse de mediano y largo plazo cuando se utiliza solo, o de corto plazo, cuando se usa integrado con otros métodos.⁶⁵

Evaluación previa.

La instrumentación de un programa de control, parte del diagnóstico anticipado de las variables ambientales, del sitio donde será puesto en marcha.

Las variables susceptibles de obtenerse en visitas de reconocimiento de campo, previas a la instauración del programa, se pueden clasificar en:

Generales:

- Características morfológicas del cuerpo de agua.
- Los usos y calidad del agua.
- Dinámica hidrológica (variación del volumen)
- Accesibilidad.
- Interrelaciones de los usuarios con el sistema.

Particulares.

- Comunidades biológicas existentes.
- Cobertura y crecimiento de la maleza.

El conocimiento anticipado de esta características, en conjunto con la de cada método de control, con sus ventajas y desventajas, permiten diseñar la estrategia mas adecuada, la cual también estará en función de los recursos humanos, materiales y económicos disponibles.

Los datos pueden ser obtenidos o registrados sistemáticamente en un formato que pueda manejar la información, incluso en un sistema de computo para su análisis y almacenamiento.⁶⁶ (ver tabla 1)

De las técnicas a corto y largo plazo, mencionadas anteriormente, estas se pueden simplificar en tres formas básicas:

- Control mecánico
- Control químico.
- Control biológico.⁶⁷

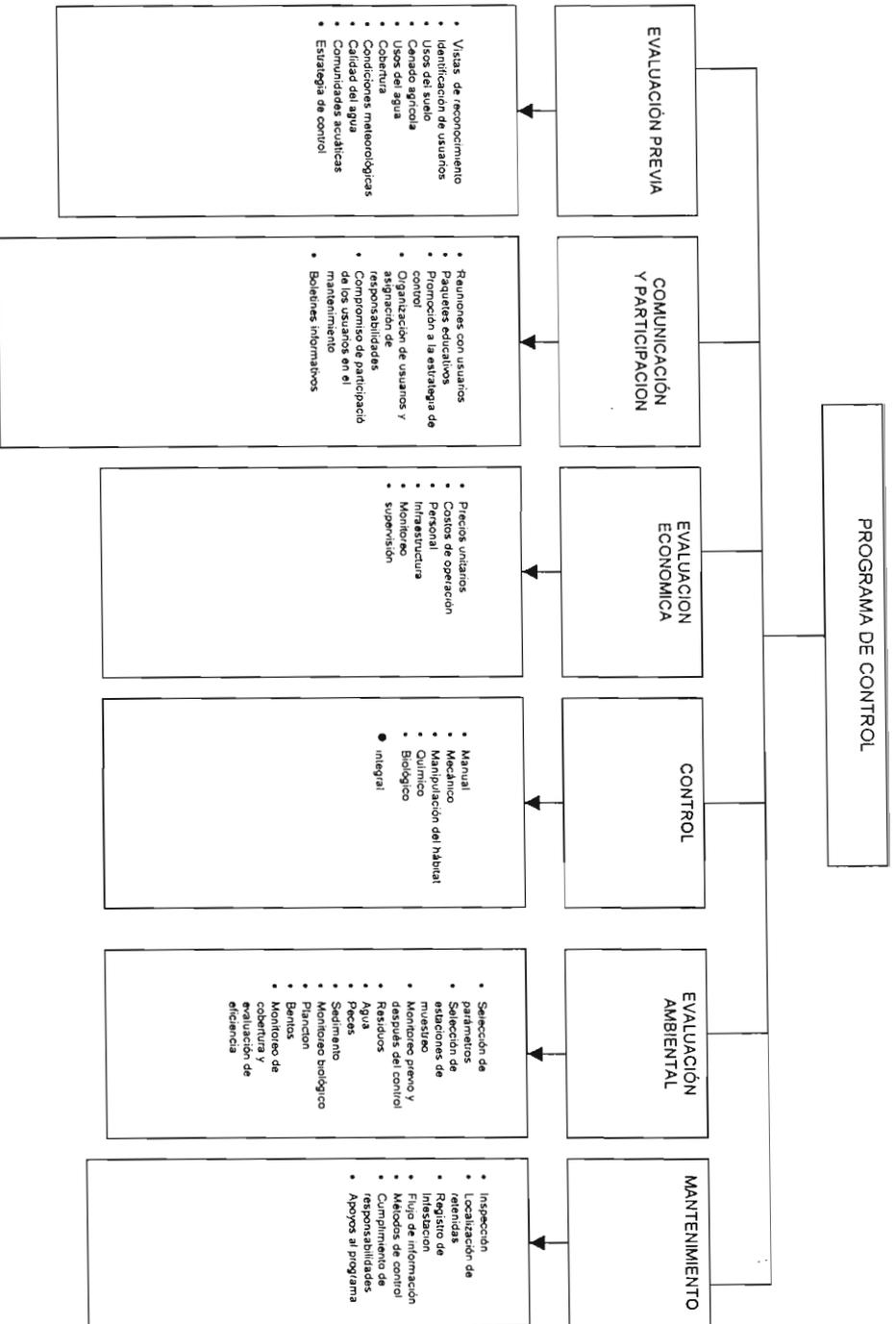


Tabla 1. Componentes de un programa de control de malezas acuáticas.

7.1 Método mecánico o físico. Se divide en dos tipos:

Manual.

Se usa donde existe mano de obra abundante. Es de bajo costo cuando se promueve la participación ciudadana. Se aplica principalmente a cauces de agua pequeños y poco profundos, como son las zanjas y canales de irrigación.

Mecánico.

Fundamentalmente, existen dos métodos mecánicos para reducir la infestación por trituración y por cosechado:

- *Triturado.*

El equipo consiste en un lanchón autopropulsado con un frente de ataque provisto de cuchillas que trituran la maleza a su paso.

El tamaño del triturado varía entre 3 y 15 cm³ dependiendo del diseño del cabezal de corte.

Una vez efectuando el triturado, la biomasa flota por un tiempo precipitándose después al fondo.

- *Cosechado.*

Este método consiste en retirar las plantas, al recoger la maleza con una simple pala mecánica o mediante un cabezal recolector equipado con bandas transportadoras que van almacenando la biomasa en colectores.⁶⁸

7.2 Método químico.

Es la aspersión de sustancias químicas (herbicidas) como el basta 20 S sobre las plantas, que al ser absorbidas localmente o para su transporte interior, provocan una alteración en los procesos metabólicos y de crecimiento que conducen a su muerte, y su posterior hundimiento y descomposición. Se recomienda que esto último no suceda.

El uso de herbicidas tiene la ventaja de ser eficiente, no requerir de mucho tiempo, personal numeroso y puede ser empleado en áreas en la que no pueden usarse otros métodos de control.

Sin embargo, su utilización siempre trae consigo un cierto grado de desconfianza, debido a las posibilidades de daño al hombre, a los animales domésticos, a los cultivos, a la vida silvestre y a los organismos acuáticos.⁶⁹

Actualmente, la regulación del registro y uso de herbicidas es un mecanismo altamente restrictivo, lo cual ha provocado que exista un número muy reducido de productos autorizados para su uso en sistemas acuáticos. Lo anterior por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), en los Estados Unidos de Norte América.⁷⁰

Dentro de los datos requeridos para el registro de un producto, para su uso en el medio acuático sobresalen:

- Determinación de residuos potenciales en el agua potable, peces, moluscos y cosechas que pueden llegarse a irrigar.
- El destino ambiental y final del compuesto.
- Como se descompone el compuesto y cuáles son los productos de este rompimiento.
- Si el compuesto es absorbido a través de la piel o por otras rutas de entrada.
- Toxicidad aguda a corto por medio de pruebas con animales.
- Toxicidad crónica o a largo plazo provocando efectos en nacimientos, tumores u otras anomalías después de una exposición a largo plazo.
- Toxicidad del compuesto a organismos acuáticos, tales como peces e invertebrados.⁷¹

Asimismo, se ha identificado que todas las sustancias tienen un nivel o cantidad máxima en el cual no se presenta efecto adverso alguno. Lo anterior permite enmarcar las siguientes consideraciones:

- Todas las sustancias naturales o sintéticas, son tóxicas, diferenciándose desde altamente tóxicas hasta moderadamente tóxicas. Esto incluye sustancias como herbicidas, alcohol, sal de mesa e, inclusive, medicamentos que se consumen rutinariamente como la aspirina.
- La mayoría de los herbicidas tienen una toxicidad baja. Las concentraciones o cantidades que se presenta después de una aplicación son mucho menores que las concentraciones tóxicas para peces u otros organismos.

La razón más común de mortalidad en peces se debe a la causa indirecta de la aplicación del herbicida. Cuando grandes cantidades de plantas mueren, la vegetación se

descompone consumiendo el oxígeno disuelto en el agua. Por ejemplo la dosis, del producto comercial Basta 20 S es de 4 litros por hectárea⁷²

La explicación de que las concentraciones de herbicidas en el agua después de una aplicación sean muy bajas, es consecuencia de que los tratamientos llevados a cabo, especialmente en plantas flotantes, como el lirio acuático, es que el producto se aplica directamente a las plantas y por lo tanto muy poca cantidad llega a tocar el agua.⁷³

Aunado a lo anterior, es importante señalar que los herbicidas no permanecen en el agua ni en los organismos, debido a que desaparecen y se disipan en el ambiente, La desaparición se refiere a la pérdida del herbicida en el agua o sedimentos, y la disipación, al rompimiento de la estructura que compone al herbicida para formarse sustancias químicas más simples.⁷⁴

Los herbicidas acuáticos pueden desaparecer del agua tratada por dilución, adsorción a los sedimentos del fondo, volatización, absorción por plantas y animales. Se disipan por fotólisis (rompimiento del compuesto por acción de la luz), degradación microbiana, o por el metabolismo de las plantas y animales.

Los herbicidas recomendados para el control del lirio acuático son: el 2, 4-D, diquat, glifosfato y a principios del siglo XXI se está empleando el **Basta 20 S**, su alta solubilidad en el agua, provoca que estas sustancias se diluyan rápidamente hasta niveles no detectables.

Cuando los compuestos son muy solubles en el agua no son solubles en las grasas y, por tanto, no se acumulan en los tejidos de los peces.⁷⁵

Los registros de su uso durante los últimos años, indican que en términos de eficiencia y seguridad ambiental, los resultados han sido generalmente buenos.⁷⁶

Equipo y técnica de aplicación.

La mayoría de los herbicidas acuáticos están formulados como líquidos, por lo tanto, se pueden esparcir o depositar sobre las plantas en forma de rociado. El proceso mediante el cual los productos químicos son mezclados en agua (o aceites ligeros) para ser transportados hacia las plantas en solución, suspensión o emulsión (esparcidos fraccionando el volumen en pequeñas gotas), se denomina como aspersión.

Equipo.

Se realiza mediante equipo manual o aéreo que siguen el mismo principio; el herbicida y el agua son mezclados en un tanque para su posterior aspersión.⁷⁷(Ver Fig. 8)

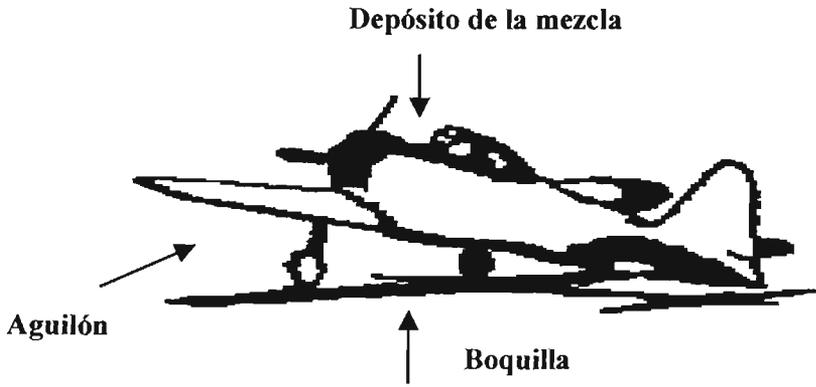


Fig. 8. Aeronaves utilizadas en la aplicación de herbicidas.

7.3 Control biológico.

Consiste en combatirlo por medio de otros organismos vivos, ya sea por competencia con otras plantas, ataques bacterianos, virales o de insectos, animales herbívoros, que son ésta última una de las formas más comunes de control biológico, sobre todo la que se efectúa con peces.⁷⁸

El control biológico puede utilizarse como método auxiliar. La introducción de nuevas especies en lugares poblados de lirio acuático, puede provocar graves alteraciones ecológicas, por lo que se requiere de estudios exhaustivos duraderos y costosos, poco factibles para las condiciones actuales del país, México.⁷⁹

Dentro de los agentes microbiológicos, para el control del jacinto acuático, se tienen los siguientes:

- *Acreminium zonatum*: este hongo causa una zona necrótica fácilmente identificable caracterizada por manchas en las hojas, lesiones que son muy evidentes sobre la superficie laminar. En la superficie baja, la cual es normalmente protegida de la luz solar, se tiene un área debajo de la mancha con una capa blanca dispersa, de crecimiento fúngico (micelio); las manchas pueden crecer cubriendo la lámina entera.
- *Cercospora piaropi*: dos especies de *Cercospora*, a saber, *C. piaropi* y *C. rodmanni* han sido reportadas por atacar al jacinto acuático en diferentes partes del Mundo. Ambas especies causan pequeñas necróticas (de 2 a 4 mm de diámetro) sobre la capa laminar y los peciolos; caracterizadas por centros pálidos rodeados por regiones oscuras. Ocasionalmente, las manchas pueden aparecer en forma de "lágrimas". Bajo una infección severa, la planta puede ser fisiológicamente alterada, perdiendo la habilidad de regeneración, tiende a ser cubierta por el agua, y se hunde o se desintegra.⁸¹
- *Rhizoctonia solani*: los signos provocados por estos hongos pueden ser confundidos con los daños debidos a la desecación, típica de los herbicidas químicos. Son caracterizados por manchas necróticas irregulares, y lesiones amplias.

Sin embargo, los daños químicos son distintos, las áreas necróticas cafés son usualmente con bordes delgados muy notables. Este hongo es usualmente muy agresivo y destructivo, capaz de "matar" grandes cantidades de biomasa de lirio acuático, de una manera rápida y completa.⁸²

- *Alternaria sp.*: Dos especies de Alternaria, *A. eichhorniae* y *A. alternata*, ha sido reportada su presencia en el lirio acuático, en diferentes países como; Australia, Bangladesh, Egipto, India y Sudáfrica.
- Las anteriores especies son especie específica del lirio acuático y han demostrado tener un buen potencial como bioherbicidas.
- Los signos de la enfermedad son; manchas en las hojas. En México se encuentran en Veracruz y Tabasco.⁸³
- *Myrothecium roridum*: Estos hongos causan manchas en las hojas en forma de lágrima (de 1 a 5 cm de largo), redondeado hacia el lado del peciolo, estrechándose en dirección de la punta con márgenes sombreados de color café y el centro de la mancha puede ser cubierto con una discreta masa de conidios blancos. Se encuentra en el Lago de Chapala, ramales del Río Lerma y cerca de la Ciudad de México (Lago de Guadalupe)⁸⁴
- Halo clorótico bacteriano: Las hojas dañadas del lirio, por los adultos de la *Neochetina weevils*, son conocidas por ser infectadas por las bacterias pertenecientes a las *Xanthomonas* y *Erwinia*.

Aunque no se conoce mucho acerca de la asociación entre el ataque de insectos y bacterias patógenas. Esto se caracteriza por la aparición de un clorótico, bordeando la mordedura del insecto. Ha sido observado en Florida, U. S. A., y una condición similar fue vista cerca de la Lajilla, Veracruz.⁸⁵

Existen otros animales herbívoros que pueden comer cantidades pequeñas de maleza acuática. No son por sí solos agentes controladores de plantas acuáticas, pero pueden contribuir a esto alimentándose de ellas. Por ejemplo: burros, borregos, nutrias, etc.

En México, se ha intentado este tipo de control, con resultados no satisfactorios. Inclusive se ha empleado al manatí, en el Lago de Chapala y en los canales de Xochimilco.

Existen ejemplos y estudios sobre la utilización de la carpa herbívora, *Ctenoparyngodon idella*, y del escarabajo moteado, *Neochetina eichhorniae*, con resultados favorables pero no concluyentes.⁸⁶

EVALUACIÓN AMBIENTAL

8.- EVALUACIÓN AMBIENTAL

La instrumentación de una evaluación ambiental en el control del lirio acuático se basa, principalmente, en la evidencia de que la eliminación de las malezas acuáticas por cualquier método de control (trituración, químico y en algunos casos biológicos), que implique se depositen sus restos en el fondo, de un cuerpo de agua, puede modificar la calidad de la misma.⁸⁷

Además, el control químico cuando se realiza a gran escala requiere de un seguimiento permanente para verificar las posibles modificaciones por la presencia de residuos de los herbicidas utilizados, así como la posible influencia de estos sobre las comunidades de organismos presentes, tales como peces, invertebrados que viven en los sedimentos y aquellos microscópicos que viven a la merced de la corriente (plancton)⁸⁸

Los efectos más importantes incluyen:

- Alteración (oxígeno disuelto y bióxido de carbono, principalmente) y el pH por la descomposición de la vegetación.
- Incremento en la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente) en la columna de agua.
- Alteración del hábitat reflejado en cambio de las comunidades de organismos que en ellas habitan.

Se recomienda que se tomen muestras en varios puntos seleccionados, según las condiciones del sitio. Para ello, se define un cierto número de segmentos de la masa de agua en los que se sospechan ocurrirán cambios en la calidad del agua.⁸⁹

Los parámetros básicos a considerar están incluidos dentro de lo que se conoce como cuadro ambiental, que comprende la determinación de la conductividad eléctrica, temperatura, pH, oxígeno disuelto y lectura del disco Secchi. (Ver tabla 2)

Dichos parámetros tienen importancia en la interpretación de la calidad del agua.⁹⁰

Tabla 2. Significado sanitario de los parámetros del cuadro ambiental y efectos principales por la descomposición del lirio acuático.

PARÁMETRO	UNIDADES	RELACIONADO CON:	EFFECTOS PRINCIPALES:
TEMPERATURA	° C	Clima, velocidad de los procesos físicos y biológicos, estratificación térmica, vida acuática, solubilidad de compuestos químicos, toxicidad de sustancias.	Temperatura Oxígeno disuelto. La estratificación térmica disminuye el proceso de degradación de la materia orgánica en profundidad.
PH		Procesos químicos y bioquímicos vida acuática, contaminación, balance entre ácidos-bases, el poder solvente del agua.	Cambios drásticos afectan a los organismos acuáticos.
CONDUCTIVIDAD	mmhos/cm	Concentración de sólidos disueltos, temperatura, concentración iónica, composición mineral del agua.	Indicador de cambios bruscos en la composición mineral.
OXÍGENO DISUELTO	mg/L	Descomposición de materia orgánica, oxidación de desechos inorgánicos, tributarios (naturales-descargas) temperatura, turbulencia, presión atmosférica, vida acuática, contaminación.	El abatimiento del oxígeno afecta a los organismos acuáticos y el proceso de degradación de materia orgánica es más lento.
TRANSPARENCIA (DISCO SECCHI)	Metro	Turbidez, temperatura, microorganismos, sólidos, conductividad.	Indicador de estado trófico y de florecimientos algales.

Potencial de hidrógeno (pH)

Se recomienda el método electrométrico (NMX-AA-008 SECOFI 2000) El pH indica las condiciones ácidas o alcalinas de una solución y proporciona información sobre el proceso de degradación de la materia orgánica.

El equipo que se requiere consta de un potenciómetro que contiene un electrodo de referencia y un compensador de temperatura. Se requieren también soluciones buffer de referencia para calibración (pH 4, 7, 10) así como pizeta de agua destilada para enjuague y papel seda para secar los electrodos después de cada lectura.

El procedimiento de calibración general es el siguiente:

- Se introduce en la muestra el electrodo combinado o ambos electrodos (vidrio y referencia) Se obtiene la temperatura de la muestra y se hace el ajuste en el aparato moviendo el botón correspondiente.
- Leer el pH de la muestra, esperando que el electrodo alcance el equilibrio (30 segundos) Regresar el botón de comando operacional a la posición de pagado.
- Enjuagar con agua destilada el o los electrodos.⁹¹

Temperatura.

La determinación de temperatura en diferentes profundidades (perfil) ayuda a estimar la estabilidad de un cuerpo de agua.

Un cuerpo de agua puede estar estratificado (una capa superior más caliente y una capa inferior más fría con una capa de transición) o mezclado. La temperatura del agua influye en otros parámetros, tal como el oxígeno disuelto.

La temperatura se determina con un termómetro de mercurio con ámbito de 10 a 120° C, y en perfil o con ayuda de un oxímetro digital, provisto de una sonda que varía en tamaño dependiendo de la profundidad o con una botella muestreadora con termómetro incluido (Van Dorn) La técnica consiste en poner en contacto la parte sensible del sistema termal con el agua cuya temperatura se desea determinar (NMX-AA-007-SECOFI 2000)⁹²

Oxígeno disuelto.

Se recomienda el método electrométrico. Se requiere de un oxímetro de campo con electrodo de membrana al oxígeno de tipo polarográfico galvánico, con escala de cero a 20 mg/L.

El oxígeno es un gas poco soluble en agua. Los niveles de oxígeno se usan como indicadores de contaminación, principalmente por desechos orgánicos, es decir, muchas

veces concentraciones bajas estarán asociadas con aguas de baja calidad y, caso contrario, con las de mayor concentración de oxígeno.⁹³

Conductividad.

El método conductimétrico se basa en una diferencia de potencial a través de dos electrodos. La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica y varía con el tipo y cantidad de los iones que la solución contiene; la conductividad es una medida de estimación de los sólidos disueltos en la muestra.

Se mide con el conductímetro que está provisto de una sonda la cual posee el electrodo. El instrumento se calibra tomando en consideración la temperatura, enseguida se gira la perilla a RED LINE haciendo coincidir la aguja con la marca roja de la pantalla.

Realizando esta acción ya es posible obtener las lecturas haciendo girar la perilla hasta la escala más conveniente (XI, X10, X100); se debe checar el aparato con agua de conductividad conocida o, de preferencia, un estándar certificado.⁹⁴

Transparencia.

El disco Secchi ha sido utilizado por mucho tiempo para caracterizar la transparencia del agua.

El método permite estimar de manera cualitativa la disminución de la intensidad de la luz a medida que se pierde la visibilidad del disco conforme aumenta la profundidad.

El disco es una pieza de forma circular de 20 a 25 cm. De diámetro, con cuadrantes blancos y negros alternados, con un cable fijo en su parte central marcado cada 10 cm.

El procedimiento es el siguiente:

- Introducir el disco en el cuerpo de agua hasta que desaparezca.
- Registrar la profundidad en el punto donde el disco deja de ser visible (profundidad no visible)
- Subirlo lentamente hasta que sea visible. Anotar la profundidad (profundidad visible)

- Registrar la profundidad del disco de Secchi que es el punto medio entre la profundidad no visible y la visible.⁹⁵

Se hace énfasis en que no sólo se trata de transportar agua al laboratorio, sino que es necesario obtener una muestra representativa del cuerpo de agua muestreado y de las condiciones locales que puedan interferir, tanto en la interpretación de los resultados como en las propias determinaciones de laboratorio.

Se destaca, por lo tanto, que es preciso observar y anotar cualquier anomalía que puedan interferir en las características de la muestra, tales como el color, el olor, algún aspecto extraño (aceite, espuma, etc.) presencia de algas, colorantes, material sobrenadante, peces y otros organismos como otras plantas acuáticas.⁹⁶

Además, del cuadro ambiental se recomienda determinar como mínimo los siguientes parámetros:

- Demanda bioquímica de oxígeno disuelto. (DBO)
- Demanda química de oxígeno disuelto. (DQO)
- Sólidos suspendidos totales.
- Nitrógeno como nitritos.
- Nitrógeno como nitratos.
- Nitrógeno como nitrógeno amoniacal.
- Nitrógeno como nitrógeno orgánico.
- Nitrógeno como nitrógeno orgánico.
- Nitrógeno total (orgánico + amoniacal)
- Fósforo total como fosfatos.
- Ortofosfatos.
- Residuos de herbicidas.
- Sedimentos y peces.⁹⁷

9.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Obtener la información existente en el ámbito Nacional e Internacional, nos llevó a visitar instituciones como son: Secretaría de Ecología del estado de México, Instituto Nacional de Ecología (INE), Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A. C. (INAINE), Geología y Desarrollo A. C. Instituto de Limnología y Ciencias del Mar, centro panamericano de Ecología y Salud Humana (ECO), Universidad Autónoma Metropolitana plantel Xochimilco, Gobierno del Distrito Federal. Lográndose estudios muy específicos que sólo se obtienen de fuentes, en este caso, reportes de investigación y diseños experimentales sobre el lirio acuático.

En algunas ocasiones la información fue condicionada, aduciendo que dichas investigaciones se utilizan para ponerlas en práctica, en forma particular, sin ningún beneficio para las Instituciones.

A principios de este año 2004, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) otorgo la licencia a un particular para que industrialice el lirio acuático, aprovechándolo para los fines que al interesado convengan.

A la fecha se sigue empleando la técnica de depuración de aguas residuales en la Universidad Autónoma de Chapingo y en algunas plantas de tratamiento de la zona metropolitana. Lográndose parámetros de calidad del agua muy aceptables, destacándose la disminución de la DBO, DQO, Sólidos suspendidos, conductividad eléctrica y turbidez.

Así mismo la asesoría del Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A.C. con apoyo financiero del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en trabajo conjunto con la Universidad Autónoma de Chapingo y el estado de Sinaloa, en el distrito de riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo; comenzaron la limpieza de 5000 hectáreas de embalses, a partir de 1999 a julio del 2003, se tienen reportes que ha sido controlada la maleza. Lo anterior con el uso del escarabajo moteado; *Neochetina Eichhorniae*.

Al analizar el tipo de información recabada de tipo internacional, destacamos que la polución de los cuerpos de agua, se ha globalizado junto con las políticas de "industrialización".

Los reportes procedentes de los Estados Unidos de América (EUA) indican la buena calidad del agua obtenida después de haber sido tratada con el uso de lirios

acuáticos, por lo que se recomienda su manejo en procedimientos secundarios e inclusive terciarios, en los métodos de depuración de aguas residuales.

Tomando en cuenta que existen normatividades que establecen límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, en aguas y bienes nacionales, que aplican en México. Una opción viable es la aplicación de esta planta acuática, sola o en combinación con lodos activados.

En países del Primer Mundo, se mantienen presupuestos muy aceptables para continuar con este tipo de exámenes ecológicos, por ejemplo: el uso del girasol para absorber contaminantes radioactivos; estroncio y cesio.

Por lo que los resultados obtenidos de los proyectos con lirio acuático, en países como Estados Unidos de Norte América, se consideran tecnología de punta aplicada y regida bajo normas oficiales que son respetadas cabalmente.

Los datos que se lograron, se decidieron manejar de forma general por ser considerado, este proyecto, como base para estudios más específicos en el futuro.

Dichos estudios a realizar en el laboratorio de Química y Desarrollo Sustentable, Centro de Asimilación Tecnológica (CAT)

Además, toda la información recabada, sirvió para la formación de un banco de datos que se localiza en el laboratorio antes señalado.

Lo anterior para que quede como precedente que estos temas ha sido considerado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 1, porque aunque parezca mentira Instituciones como el Tecnológico de Monterrey, Campus Lago de Guadalupe, carecen de datos al respecto.

El futuro que tiene esta planta acuática en nuestro País, es de seguir presente en los diferentes embalses o cuerpos de agua, desecándolos día a día, considerándolo como una maleza dañina.

Puesto que dadas las condiciones económicas y de siempre difícil situación presupuestal que vive el País, no se tienen las condiciones para la evaluación, control o aprovechamiento de esta maleza, por lo que son contados los cuerpos de agua que son beneficiados por Instituciones como lo es el de Ecología del Estado de México, con el Lago de Guadalupe, que fue saneado recientemente.

De todo lo anterior, incursionar en temas de tipo ecológico, como es el presente trabajo, para un QFB pareciera ajeno a su formación de entrada, los conceptos y técnicas nos parecen difíciles, pero una vez adentrándonos en el desarrollo de la metodología, se nos hacen familiares los términos, por lo que en el campo profesional compañeros de la carrera, en éstos días, incursionan con éxito en ésta área ocupando puestos en plantas de reciclaje de basura, tratamientos de aguas, calidad del aire, etc.

10.- CONCLUSIONES

- El manejo de este vegetal en cuanto a tratamiento de aguas residuales, industriales y domésticas, es relativamente sencillo, dándole una buena calidad al agua tratada.
- En casos de infestaciones graves se debe empezar por atacar los efluentes que contaminan a los diferentes cuerpos de agua, para posteriormente controlar al lirio y que este ayude en la depuración de los mismos.
- El control químico es de rápidos resultados, viéndose sus efectos en dos o tres semanas, quedando los cuerpos de agua limpios de lirio. Sin embargo el espejo de agua sigue contaminado.
- Actualmente a nivel nacional se emplea el control biológico a base de insectos y escarabajo moteado; es muy económico, no contribuye con contaminantes a los cuerpos de agua, siendo de mediano plazo los resultados.
- Los lirios cosechados provenientes de aguas altamente contaminadas con sustancias tóxicas y metales pesados son recomendables en la producción de biogás.
- El efecto nocivo principal a nivel nacional e internacional es el de evaporación de agua, en ríos, lagos, presas, etc. Ya que las enfermedades bacterianas y parasitarias no son causa directa de su presencia.
- Por último se debe destacar que el lirio acuático es una respuesta de la naturaleza a la contaminación, y no un contaminante en sí.

11.- BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez Panduro, Alejandro. "Control biológico del lirio acuático". Centro de entomología y Acarología. Montecillo. Estado de México. 1995. p. 1-3.
2. Guzmán Arroyo, Manuel. "Acción Universitaria para el control del lirio acuático en el lago de Chapala". Universidad de Guadalajara. Instituto de Limnología. Jalisco. México. 1993. p. 1-4.
3. Guzmán Arroyo Manuel. "El lirio acuático en el lago de Chapala". Universidad de Guadalajara. Instituto de limnología. Jalisco. México. 1992. p. 1-3
4. Guzmán Arroyo Manuel. "El lirio acuático en el lago de Chapala". Universidad de Guadalajara. Instituto de limnología. Jalisco. México. 1992. p. 4-5
5. Pérez Panduro, Alejandro. "Control biológico del lirio acuático". Centro de entomología y Acarología. Montecillo. Estado de México. 1995. p. 5-6.
6. Red viva. "El lirio acuático en el lago de Chapala. (simposium) Guadalajara". Jalisco. México. 1993. p. 1-4
7. Escamilla g, Ismael. "Análisis químico y propiedades nutricias del lirio acuático". Departamento de nutrición animal y bioquímica. Facultad de Medicina veterinaria y Zootécnica. UNAM. México. 1996. p. 1-14.
8. Escamilla g, Ismael. "Análisis químico y propiedades nutricias del lirio acuático". Departamento de nutrición animal y bioquímica. Facultad de Medicina veterinaria y Zootécnica. UNAM. México. 1996. p. 16.
9. Escamilla g, Ismael. "Análisis químico y propiedades nutricias del lirio acuático". Departamento de nutrición animal y bioquímica. Facultad de Medicina veterinaria y Zootécnica. UNAM. México. 1996. p. 19-20.
10. Dirección de Flora y Fauna. "Aspectos generales de control y aprovechamiento". México. 1984. p. 1-3.
11. Olvera Viascan, Víctor. "Biología y ecología del lirio acuático *Eichhornia crassipes*". Mart Solms. IMTA. UNAM. Facultad de Ingeniería. Cuernavaca, México. P. 1-6.
12. Olvera Viascan, Víctor. "Biología y ecología del lirio acuático *Eichhornia crassipes*". Mart Solms. IMTA. UNAM. Facultad de Ingeniería. Cuernavaca, México. p. 8.
13. Olvera Viascan, Víctor. "Biología y ecología del lirio acuático *Eichhornia crassipes*". Mart Solms. IMTA. UNAM. Facultad de Ingeniería. Cuernavaca, México. p. 10.

14. Ortiz Casas, JL. La contaminación de las aguas continentales. Obra colectiva. Edit. MUNDI PRENSA. Madrid. 1979. p. 103-105.
15. Ortiz Casas, JL. La contaminación de las aguas continentales. Obra colectiva. Edit. MUNDI PRENSA. Madrid. 1979. p.108.
16. Ortiz Casas, JL. La contaminación de las aguas continentales. Obra colectiva. Edit. MUNDI PRENSA. Madrid. 1979. p.109.
17. Ortiz Casas, JL. La contaminación de las aguas continentales. Obra colectiva. Edit. MUNDI PRENSA. Madrid. 1979. p. 111-112.
18. Sin autor. Plantas nocivas y como combatirlas. Edit. Limusa. 1990- Vol. II. México. La reimpresión. p. 303-400.
19. Sin autor. Plantas nocivas y como combatirlas. Edit. Limusa. 1990- Vol. II. México. La reimpresión. p.390-392.
20. Ortiz Casas, JL. La contaminación de las aguas continentales. Obra colectiva. Edit. MUNDI PRENSA. Madrid. 1979. p. 110-111.
21. Díaz Zavaleta, Guillermo. "Infestación y problemática del lirio en ecosistemas acuáticos". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 43-48.
22. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 43-48.
23. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 4.
24. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 5.
25. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 6.
26. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 8.
27. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 9.
28. Gutiérrez López, Eric. "Técnicas de evaluación del lirio acuático; densidad, cobertura y crecimiento". IMTA. San Jerónimo. Lidice. México. 1994 p. 10.

29. Guzmán Arroyo, Manuel. "El lirio acuático". Universidad de Guadalajara. Instituto de limnología. Chapala. Jalisco. México. 1991.p. 1-2.
30. Lallana, Maria del carmen, Sabatini, Rafael. "Evapotranspiración from Eichhornia crassipes, Pastia stratiotes, Salvinia herzagii and azolla caroliliana during a sumer period. Paraná. Presentado en: Meeting on scientific communication. Argentina. 1993.p 1-10.
31. Esquianca Cano, .F. Et al. "Problemática ambiental y la presencia del lirio acuático". En: Trabajos presentados al 5º Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y ambiental. Puebla. México. 1986.p. 411.
32. Dirección de Flora y Fauna acuática. "Aspectos generales de control y aprovechamiento del lirio acuático". México. 1984.p. 2-5.
33. Dirección de Flora y Fauna acuática. "Aspectos generales de control y aprovechamiento del lirio acuático". México. 1984.p. 8-10.
34. Guzmán Arroyo. "Alternativas y estrategias de control del lirio acuático en el lago de Chapala". Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 1993 p. 1-7.
35. Díaz Zavaleta, Guillermo. "Infestación y problemática del lirio acuático". Reporte. México. 1995 p. 1-5.
36. Díaz Zavaleta, Guillermo. "Infestación y problemática del lirio acuático". Reporte. México. 1995 p. 39-48.
37. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas A.C. Red Viva. Simposium. Montreal. 1964. 1er piso. Col. Providencia Jalisco México 1995. p. 1-5.
38. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas A.C. Red Viva. Simposium. Montreal. 1964. 1er piso. Col. Providencia Jalisco México 1995. p. 6-8.
39. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas A.C. Red Viva. Simposium. Montreal. 1964. 1er piso. Col. Providencia Jalisco México 1995. p. 10-11.
40. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas A.C. Red Viva. Simposium. Montreal. 1964. 1er piso. Col. Providencia Jalisco México 1995. p. 11-13.
41. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas A.C. Red Viva. Simposium. Montreal. 1964. 1er piso. Col. Providencia Jalisco México 1995. p. 15-17.
42. Palombo, Claudio Roberto, Mendoca Renata Ramos. "Avalicao de propagacao vegetativa de Eichhornia (aguape) e Pastia Stratiotes (alfacé di agua) en condiciones de represa Bilingüe". Sao Pablo. Brasil. 1996. p. 1-2.

43. Uribe Carmen, et al. "El lirio acuático mini proyectos". México. 1990. p. 27-30.
44. Abadía, A.L. Amorossano. Et al. "Water hyacinth (*Eichornia crassipes*). In ruminant nutrition". U.S.A. p. 10-19.
45. Mayen Rojo. "Aprovechamiento del lirio acuático para la fabricación de pulpa y papel". Departamento de reúso de agua, control y aprovechamiento de malezas acuáticas. México. 1994. p. 20-29.
46. Kumman, Ishand Pradeep. "Gas production from cadmium contaminated water hyacinth". Environmental technology for developing countries. Bogazici University. Estambul. Turquía. 1995. p. 1-6.
47. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. "Seminario taller control y aprovechamiento del lirio acuático". México. 1994. p. 20-40.
48. Anmed M. "Preparation and evaluation of active carbon from water hyacinth (*Eichornia crassipes*)". UNEP. 1993. p. 1-20.
49. Vedanayagam. II. "Preliminary report on the preparation of carbon black from water hyacinth for use in paint". 1990. p. 40-60.
50. Nery, Enrique. et al. "El lirio acuático como indicador biológico en la contaminación por metales pesados en el lago de Yojoa" Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Tegucigalpa. Honduras. 1995. p. 10-25.
51. Morsse Rachel, et al. "Utilizacáo de lagoas de maturcao comaagupé (*Eichornia crassipes*) na remocao de algas e coliformes en efluente de lagoas de estabilizacáo". Brasilia. Brasil. p. 1-33.
52. Nilda, Delia. "Jacintos acuáticos; su utilización en la descontaminación de efluentes locales e industriales" Anales. Buenos Aires. Argentina. 1993. p. 398-413.
53. Holanda Cloris, Maria. Et al. "Use of water hyacinth in tertiary treatment of domestic sewage". Río de Janeiro. Brasil. 1993. p.10-20.
54. Miner, J. R. "Water hyacinth to further treta anaerobic lagon effluent". Agriculture and Homer Economics. Ames Iowa. U.S.A. 1995. p.170-173.
55. Jill, Lee. "Scutting water hyacinth". Aquatic weed Research Laboratory. 3205 college Ave. Fort Lauderdale, Florida 33314. Phone (305) 475-0541 fax (8305) 476-9169. e-mail tcenter@netrunner.net. 1996. p.14-46.
56. Dinges R. "Aquatic vegetation an water pollution control public health implications". Public Healyh. Austin Texas. U.S.A. 1995. p.1-9.

57. Mitchel, D.S. "The potencial for wastewater treatment by aquatic plants in Australia" 1991. p.15-17.
58. Wolverton .b.c. et al. « Water hyacinth an alligator weeds for removal of lead and mercury from polluted waters ». St. Luis U.S.A. N.A.S.A. 1975. p.1-14.
59. Nilda Closi, Delia. "Jacintos acuáticos" (*Eichhornia crassipes*). Su utilización en la descontaminación de efluentes cloacales e industriales. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. Argentina. 1997. p.1-10.
60. Poi de Neiff, Alicia. "Desarrollo de camalotes de *Eichhornia crassipes* ; un problema en lagos de embalse". Centro de Ecología aplicada al litoral. Montevideo. Uruguay. 1994. p.1-23.
61. Deloya Martine, Alma. "Evaluación de un sistema de tratamiento con lirio acuático". Congreso Nacional de Recursos Hídricos. San José. Costa Rica. 1994. p.22-40.
62. Garibay, Diego. "Control de malezas Acuáticas, reducción de aportaciones de nutrientes". Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas, A.C. Gladiola No. 56. Col. Jardín. DF. México. 1996. p. 3-9.
63. España Gaspar, Juan P. "Contribución al control del lirio acuático, *eichhornia crassipes*". División de ciencias biológicas y de la salud. UNAM. Xochimilco. México. 1991. p.1-5.
64. Romero Luna. Francisco. Et al. "Experiencias del control el lirio acuático en México" Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Cuernavaca. Morelos. México. 1994. p.1-3
65. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.4-8.
66. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.7-10.
67. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.11-12.
68. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.33-35.

69. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 49-50.
70. Baghall, L.D. et al. "Feed and fiber from effluent-grown water hyacinth" University of Florida. U.S.A. 1990. p.1-5.
71. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.50-51.
72. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p.52.
73. España Gaspar, Juan P. "Contribución al control del lirio acuático, *eichhornia crassipes*, por medio de controladores biológicos y herbicidas". División de Ciencias Biológicas y de la salud. U.N.A.M. Xochimilco. 1991. p.1-20.
74. España Gaspar, Juan P. "Contribución al control del lirio acuático, *eichhornia crassipes*, por medio de controladores biológicos y herbicidas". División de Ciencias Biológicas y de la salud. U.N.A.M. Xochimilco. 1991. p.35-40.
75. SEDUE. "Aspectos generales de control y aprovechamiento del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Dirección de flora y fauna acuática. México. 1993. p.6-7.
76. SEDUE. "Aspectos generales de control y aprovechamiento del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Dirección de flora y fauna acuática. México. 1993.p. 7-8.
77. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 55-56.
78. Vera Herrera Francisco. Et al. 2 "Control Biológico del lirio acuático *Eichhornia crassipes*, mediante la carpa herbívora *Ctenopharyngodón idella*. (*Piscescyprinidae*) en ataques controlados". Centro de ciencias del mar y Limnología. UNAM. México 1990.p. 1-15.
79. Guzmán Arroyo, Manuel. "Alternativas y estrategias de control del lirio acuático en el lago de Chapala2. Instituto de Limnología Universidad de Guadalajara. U.N.A.M. Jalisco. Mexico. 1993. p. 1-4.
80. Charudatan, Reghaven. "A survey for the ocurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organisation, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 1-5.

81. Charudatan, Reghaven. "A survey for the occurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organization, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 5.
82. Charudatan, Reghaven. "A survey for the occurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organization, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 6.
83. Charudatan, Reghaven. "A survey for the occurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organization, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 6.
84. Charudatan, Reghaven. "A survey for the occurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organization, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 6.
85. Charudatan, Reghaven. "A survey for the occurrence of phytopathogens of waterhyacinth in Mexico: a report panamerican Health organization, world health organization". Jiutepec. Morelos. México. 1995. p. 7.
86. Pérez Panduro, Alejandro. "Control biológico del lirio acuático" centro de Entomología y Acarología". 56230. Montecillo. Estado de México. Tel. fax 5 95 53 007. Estado de México. 1998. p. 2-4.
87. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaria de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 94.
88. Gonzáles, G.M. "Evaluación del riesgo toxicológico en el empleo de plaguicidas para el control del mosquito en la presa San José Antonio Alzate". Facultad de Química. UAEM. estado de México. 1991. p. 8-12.
89. Vázquez, A. "Efecto de la descarga industrial urbana sobre el nivel de productividad de un embalse de alto Lerma" Facultad de Química. UAEM. Estado de México. 1991. p. 6-12.
90. España Gaspar, Juan. Op cit 1991. p. 70-75.
91. NMX-AA-008 SECOFI 2000. Análisis del agua. Determinación de pH. Método de prueba. 18 diciembre 2000
92. NMX-AA-007 SECOFI 2000. Análisis de agua. Determinación de la temperatura del agua natural, residual y residuales tratadas, Método de prueba.
93. Ortiz Casas, J. L. La contaminación de las aguas residuales. Edit. Mundi Prensa. Madrid. España. 1979.

94. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaría de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 97.
95. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaría de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 98.
96. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaría de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 99.
97. Pérez Alfredo. "Programa del control de malezas acuáticas (PROCMA)" Dirección de normatividad de la Secretaría de Ecología del Estado de México. Parque de Orizaba No. 7. Naucalpan. México. 1998. p. 100.