

132
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DIAGNOSTICO DE MALEZAS ACUATICAS
Y SU CONTROL EN MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ROBERTO RANGEL MARTINEZ



**FACULTAD DE CIENCIAS
SECRETARÍA DE LAB.**



MEXICO, D. F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**COMISION NACIONAL
DEL AGUA**

**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

DIAGNOSTICO DE MALEZAS ACUATICAS Y SU CONTROL EN MEXICO

realizado por RANGEL MARTINEZ ROBERTO

con número de cuenta 7240161-5 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	M. en C.	VICTOR OLVERA VIASCAN
Propietario	DR.	RUBEN SANCHEZ SILVA
Propietario	M. en C.	NELLY DIEGO PEREZ
Suplente	BIOL.	MA. CRISTINA JULIA PEREZ REYES
Suplente	BIOL.	LUCIO LOZADA PEREZ
		FACULTAD DE CIENCIAS

Cristina Julia Perez Reyes
M. en C.

Departamento de Biología

COORDINACION GENERAL
DE BIOLOGIA

DEDICADO

A mis queridos padres: Concepción y Alfredo

A mis hermanas: Guadalupe, Maria Eugenia y Rita.

**A mis sobrinos: Gabriela, Edgar, Manuel y Verónica (Verito).
Así como a mi cuñado, Manuel.**

A la alegría de mi vida, Daniela. Mi hija

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer patente mi gratitud, a todas aquellas personas que de una u otra manera, han contribuido, ya sea en consejos, estímulos o que me han ofrecido desinteresadamente su apoyo para la cristalización de este humilde trabajo. Espero que cada uno de ellos así lo sienta.

A mi institución la Comisión Nacional del Agua, mi reconocimiento y en ella evidentemente a todos mis compañeros de trabajo especialmente a los del Programa de Control de Malezas Acuáticas.

Particularmente agradezco el apoyo de la Biól. Ofelia Mata Hernández, por su dedicación incansable, para la revisión y edición de este trabajo.

Asimismo, reconozco los esfuerzos de todas las personas que han puesto lo mejor de su parte para el estudio y control de las malezas acuáticas.

Al M. en C. Victor Olvera Viascan, por su dirección y gran fraternidad.

Al Dr. Rubén Sánchez Silva, gran amigo e integrante del Jurado Dictaminador.

A los integrantes del Jurado Dictaminador. Por su disposición incondicional e invaluable comentarios.

M. en C. Nelly Diego Pérez
Biól. Cristina Julia Pérez Reyes.
Biól. Lucio Lozada Pérez

A la Memoria de: JDTA

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Gracias.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Concepto de Hidrofita	3
Sumergidas	5
Flotantes	6
Sumergidas con hojas flotantes	7
Emergentes	7
Importancia ecológica de las macrofitas acuáticas y su diversidad	8
2.2 Concepto de Maleza Acuática	9
2.3 Problemática de las Malezas Acuáticas	10
Evapotranspiración	10
Daños a la infraestructura hidráulica	11
Interferencia en la navegación y la pesca	12
Ecológicos	12
Calidad del agua	12
Problemas de salud pública	13
Socioeconómicos	15
2.4 Causas de la Proliferación de las Malezas Acuáticas	16
2.4.1 Eutroficación	16
2.4.2 Urbano	17
2.4.3 Industrial	17
2.4.4 Agrícola	18
2.4.5 Degradación de Cuencas	18
2.4.6 Introducción de Plantas Exóticas	18
2.5 Infestación de Malezas Acuáticas	19
2.6 Control de Malezas Acuáticas	22
2.6.1 Controles Físicos	22
2.6.2 Controles Mecánicos	25
2.6.3 Control Químico	29
2.6.4 Control Biológico	39
3. OBJETIVOS	44
4. METODOLOGIA	45

5. RESULTADOS	54
5.1 Diagnóstico de Malezas Acuáticas	54
Embalses	54
Distritos de riego	56
5.2 Control de Malezas Acuáticas	75
5.2.1 Métodos físicos	75
5.2.2 Control químico	77
5.2.3 Control mecánico	78
5.2.4 Control biológico	83
6. DISCUSION	86
6.1 Diagnóstico de Malezas Acuáticas	86
7. CONCLUSIONES	95
8. BIBLIOGRAFIA	97

**DIAGNOSTICO DE MALEZAS ACUATICAS
Y SU CONTROL EN MEXICO**

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho conocido que los recursos hídricos son estratégicos para el desarrollo del país, como también que su aprovechamiento se hace cada vez más restringido, conforme su disponibilidad se acerca al límite del volumen virgen de escurrimiento renovable anual en el territorio nacional, el cual de acuerdo a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH, 1988), se estima en 410,000 millones de metros cúbicos, el cual es alimentado por una precipitación media anual de 780 mm.

Sin embargo, esta cantidad de agua no está repartida homogéneamente en el territorio, sus características latitudinales y orográficas, determinan decisivamente la distribución espacial y la cantidad de la precipitación, por lo que el 31% del territorio se considera desértico y árido, el 36% semiárido y el restante 33% subhúmedo y húmedo (SARH, *op. cit.*).

Por otra parte, si agregamos que su geología histórica lo ha dotado relativamente de bajos volúmenes de agua contenida en cuerpos de agua naturales o lagos, se puede decir que, el agua es de forma natural para México un recurso crítico, ésto es, en algunas regiones el recurso hídrico es o tiende a ser escaso y en otras es abundante.

Si se toma en cuenta la distribución del escurrimiento superficial y su relación con la situación demográfica nacional y sus actividades productivas, se tiene que, en el norte y el altiplano central, que se caracterizan por sus climas secos, donde se registra el 19% del escurrimiento superficial, y es donde se encuentran dos terceras partes de la población, más del 70% de la industria y el 40% de la superficie con agricultura de temporal. En cambio, en el sureste, que representa menos de la cuarta parte del territorio nacional y donde habita el 24% de la población, se tiene el 67% del escurrimiento (SARH, *op. cit.*).

Con relación a lo anteriormente expuesto, se destaca que la actual disponibilidad de agua superficial con la que cuenta el país y la equidad con la que se trata de distribuir se debe en gran parte a la importante infraestructura hidráulica que se ha construido.

A este respecto la Comisión del Plan Nacional Hidráulico (CPNH, 1985), señala la existencia de 92 lagos en el país, con una capacidad mayor o igual a los 0.5 millones de metros cúbicos. En contraparte desde el año de 1550, que se documenta la construcción de la primera presa en México y hasta el año de 1993 se calcula la construcción de 1,590 embalses con este mismo rango de capacidad.

Para complementar la capacidad de almacenamiento en lagos estimada en 14,000 metros cúbicos, se han construido presas que contienen un volumen superior a los 150,000 metros cúbicos (SARH, *op.cit.*).

En cuanto al manejo del agua se refiere, por una parte se hacen enormes esfuerzos para almacenar y regular los escurrimientos superficiales y por la otra, se tiene la situación de su deterioro. La degradación de cuencas debido a la deforestación y erosión, así como la

contaminación de cauces y embalses por el vertimiento de aguas residuales agrícolas, urbanas e industriales, son los aspectos que en forma global están restringiendo la calidad y cantidad del recurso hidráulico.

Para los medios acuáticos epicontinentales, los problemas de contaminación y deterioro ecológico de las cuencas hidrográficas se conjugan de tal manera que inducen a su eutroficación. Este proceso de enriquecimiento acelerado de nutrientes tiene como uno de sus indicadores principales el crecimiento desmedido de las poblaciones de productores primarios, dentro de los cuales, se encuentran las plantas vasculares acuáticas. Este aumento poblacional de plantas limita el manejo y aprovechamiento del agua superficial, por lo que se les llama como malezas acuáticas.

Las malezas acuáticas constituyen un problema ambiental que cada vez se hace más crítico, conforme aumenta la contaminación especialmente por materia orgánica en corrientes, lagos, presas y canales de riego y su solución es más complicada y costosa al incrementarse las superficies de infestación.

Estas plantas nocivas, repercuten negativamente en los hábitats acuáticos y en los usos del agua, como: urbano, pesquero, riego, transporte y recreación.

Por lo anterior, el propósito del presente trabajo es el de dar un Diagnóstico de las Malezas Acuáticas en México y determinar algunos métodos que se aplican para su control.

2. ANTECEDENTES

2.1 Concepto de Hidrofita

Antes de definir lo que se entenderá por maleza acuática, se hace necesario determinar el grupo de plantas que se consideran dentro de esta categoría.

Puesto que la acepción del término maleza parte de un punto de vista totalmente antropocéntrico, independientemente de esta conotación, las plantas que se abordan en este trabajo, son las que en términos generales se conoce como **hidrofitas**.

De las definiciones propuestas por diversos autores, las americanas son las más amplias y realistas, a este respecto, Sculthorpe (1967), citado por Olvera (1993), menciona a varios autores entre ellos Weaver y Clementes, las definen como plantas vasculares herbáceas que crecen en agua, o en suelo usualmente inundado. Muencher, las restringe a aquellas especies que normalmente están en el agua y que la última parte de su ciclo de vida crecen completamente sumergidas o emergidas, y Reids las conceptualiza como aquellas plantas provenientes de semillas que germinan en el agua o en el sustrato de un cuerpo de agua y pasan parte de su ciclo de vida en el agua, permitiendo un arreglo de hojas: aéreas, sumergidas y flotantes.

Para la National Academic Science (NAS, 1980), las plantas hidrofitas son las que habitan ambientes acuáticos, de naturaleza tanto palustre como permanentemente saturados de agua.

En general las zonas palustres son tierras marginales que bordean estas diversas extensiones de agua, siendo transicionales entre hábitats acuáticos y terrestres.

Rzedowski (1978), indica que el término hidrofita es un calificativo ecológico para las plantas adaptadas a vivir en ó cerca de cuerpos de agua.

Como se puede apreciar en la anterior definición, su marco de referencia es sumamente amplio, comprendiendo el nivel de organización de las comunidades vegetales.

Se presupone que se incluyen las asociaciones vegetales que habitan los ambientes transicionales que están sujetos a períodos de inundación y sequía, así como aguas continentales con características salobres y aguas dulces en sus fases lólicas y lénticas.

Por otra parte, el término hidrofita es muy ambiguo ya que este último podría incluir a cualquier forma de planta acuática, aunque generalmente se refiere a plantas acuáticas vasculares (Mulligan, 1971; Moss, 1980; National Academic Science, 1989; Olvera, 1993).

Lot *et.al.* (1993), indica, que las plantas acuáticas son las que cumplen las siguientes categorías:

1. Estrictamente acuáticas. Son aquellas que cumplen su ciclo de vida totalmente sumergidas o parcialmente emergidas en el agua o bien flotantes, no logrando sobrevivir fuera del agua por períodos cortos de tiempo.
2. Subacuáticas. Son aquellas plantas que completan la mayor parte de su ciclo de vida en el agua. Toleran temporalmente el suelo seco, período en cual se reproducen.
3. Tolerantes. Estas plantas completan la mayor parte de su ciclo de vida en ambientes secos, a excepción de un corto período que consiste en la época de lluvia, donde temporalmente y parcialmente quedan inundadas. Esta categoría incluye una gran cantidad de malezas, que tienen amplios gradientes de tolerancia, no sólo de humedad sino también de nutrientes y tipos de sustratos.

El término **macrofito acuática**, en su aceptación común, se refiere tanto a formas macroscópicas de vegetación acuática como por ejemplo macroalgas, de los géneros: *Cladophora* y *Chara*. Especies de Briofitas y Pteridofitas (musgos, helechos) adaptadas a los medios acuáticos, así como especies de Angiospermas. Este término también es arbitrario y no precisa un significado taxonómico (Olvera, 1993).

En el presente trabajo, el término que se utilizará en adelante será el de macrofitas acuáticas, para denominar a todas aquellas hidrofitas vasculares que habitan cuerpos de agua epicontinentales y su área próxima de influencia.

Como cuerpos de agua epicontinentales, se determina a las áreas inundadas sobre el continente y que no reciben influencia marina. Comprenden a los sistemas lóticos o fluviales, así como a los lénticos o lacustres, ya sean naturales o artificiales (CPNH, 1985).

En términos generales las adaptaciones estructurales que en general caracterizan a estas plantas son:

- Los tejidos de sostén, protectores y conductivos con menor desarrollo que en las plantas terrestres.
- Cuentan especialmente con amplio desarrollo de tejidos para la aereación y flotación, a menudo a todo lo largo de la planta, sobre todo en el mesófilo de la hoja, el tejido de la base del peciolo y el córtex del tallo y la raíz (NAS, 1980; Margalef, 1980).
- El aerénquima, es un tejido constituido de capas monocelulares que encierran espacios o cámaras de aire, que cuando son continuas forman lagunas. Las cámaras pueden ser esquizógenas o bien, lisígenas.

En cuanto a su distribución también a nivel general, numerosas macrofitas tienen áreas de distribución amplia casi cosmopolita, pero no hay duda de que igualmente existan otras que sólo prosperan en regiones determinadas, por lo que también hay endemismos.

Frecuentemente las comunidades de plantas acuáticas tienen una tolerancia bastante limitada con respecto a los factores ambientales y sólo se desarrollan si se presenta una serie de condiciones indispensables para su existencia dentro de un determinado intervalo de temperatura, luminosidad, pH, salinidad, concentración de bióxido de carbono y oxígeno. Así por ejemplo, es distinta la vegetación de las aguas cálidas y las estancadas, que de las claras y las turbias y las de corrientes rápidas, de los fondos arenosos, arcillosos y rocosos (Rzedowski, 1978).

Las aguas epicontinentales guardan estrecha relación con los tipos de suelo de las vertientes implicadas, algunas especies de plantas acuáticas pueden estar limitadas a aguas que sean blandas o duras.

Respecto a la clasificación de las macrofitas, los sistemas tradicionalmente se han basado de acuerdo a su forma de vida en relación con el nivel de agua sobre el sustrato, (Arber, 1963; Sculthorpe, 1967; Hunchison, 1975; en Olvera y Díaz, 1984), Mulligan (1971), Moss (1980), National Academic Science (1980), Rzedowski (1978) y Margalef (1980). La clasificación del nivel de agua, también determina el modo de vida de las comunidades, por lo que, se pueden reconocer las principales adaptaciones morfológicas y fisiológicas, de acuerdo a los ambientes en los que se desarrollan. Los tipos a reconocer son:

◆ *Sumergidas*

Son las plantas que mantienen su desarrollo y estructuras vegetativas por debajo de la superficie de agua y los órganos reproductores en la mayor parte de las especies son aéreos. Presentan raíces de escaso desarrollo o bien son ausentes. Cuando están presentes funcionan fundamentalmente como fijadoras al sustrato, teniendo una función limitada en la absorción de elementos nutritivos, por lo que sólo llegan a transportar sustancias procesadas o propágulos sumergidos en el sustrato.

Los tallos son delgados, con una región vascular poco desarrollada. El córtex ocupa una extensión mucho mayor en proporción a la estela. El xilema está reducido a un conducto interno central rodeado por floema, siendo este último más desarrollado que el primero.

En la epidermis, la cutícula es muy delgada, los gases y elementos nutritivos disueltos se absorben directamente del agua, faltan estomas o son remanentes. La epidermis por lo común tiene gran cantidad de cloroplastos.

Las hojas tienen forma de láminas delgadas en arreglos de rosetas o de largos listones, de modo que aumenta el contacto de la superficie foliar con el agua y la luz, facilita la absorción de elementos nutritivos y la fotosíntesis.

Estas plantas vasculares sumergidas se secan con rapidez cuando quedan expuestas al aire, aunque sus raíces sigan estando en contacto con el sustrato.

La rápida desecación se debe a la falta o insuficiencia de la cutícula, de alguna otra sustancia protectora o tejido protector, así como la deficiente absorción de agua por la raíz y la falta de suficiente xilema para llevar con rapidez agua al interior de las plantas.

La reproducción vegetativa está mejor desarrollada por medio de tubérculos, turiones, bulbos, yemas axilares y terminales, y en forma importante por fragmentación de tallos.

Los géneros más sobresalientes son: *Hydrilla*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*, *Vallisneria* y *Elodea*.

◆ **Flotantes**

Son plantas con un amplio desarrollo de tejidos de flotación especialmente en las hojas, que les permite tener movimiento a la deriva en la superficie del agua por influencia de corrientes o del viento.

En general, las raíces son abundantes, en muchas especies son fibrosas por lo que absorben eficazmente agua y elementos nutritivos, manteniendo en equilibrio a la planta.

Los tallos son de escaso desarrollo o ausentes, poco lignificados; en algunas plantas forman rizomas.

Las hojas son estructuras laminares eminentemente aéreas, en muchos casos éstas se arreglan en forma de roseta. La epidermis tiene una cutícula impermeable, con estomas abundantes en el haz de las láminas, en el envés aparecen en menor número y algunos no son funcionales. Los peciolo o las hojas tienen una cantidad considerable de tejido parenquimatoso, que encierra espacios de aire, aunque el parenquimatoso en empalizada está bien desarrollado.

Los órganos florales sobresalen de las hojas, pudiendo ser algunos muy vistosos, en los cuales una vez que se logra la fecundación, producen semillas viables, pero la reproducción vegetativa por medio de estolones es la forma más característica de propagación de las poblaciones.

Los géneros más representativos son: *Eichhornia*, *Pistia*, *Limnobium*, *Lemna* y *Salvinia*.

◆ **Sumergidas con hojas flotantes**

Son macrofitas acuáticas, que se encuentran enraizadas en el fondo, con largos peciolo y tallos, por lo que, normalmente sobresalen del agua sus órganos florales y foliares.

En la mayoría de las especies, las raíces sólo funcionan como sujetadores al sustrato de las restantes estructuras de la planta.

Las hojas que se desarrollan debajo del agua son similares a las de las plantas sumergidas, siendo a veces láminas translúcidas. Las hojas flotantes son ovales o redondeadas, las cuales penden de largos y flexibles peciolo. Tienen una cutícula que da impermeabilidad a la estructura foliar, y abundantes estomas en la parte del haz. Las hojas flotantes presentan un mesófilo diferenciado en tejido fotosintético en empalizada y un amplio tejido lagunar o aerénquima que es lo que le proporciona la flotabilidad.

Los órganos florales son aéreos y algunos están formados por sépalos y numerosos pétalos, que mediante la polinización forma semillas viables, aunque en la reproducción de las especies también participan los rizomas y bulbos.

Entre los géneros más característicos tenemos: *Nymphaea*, *Nuphar*, *Hydrocotyle*, *Nymphoides*, *Cabomba*.

◆ **Emergentes**

Con las raíces normalmente dentro del agua, el resto de sus órganos sobresalen de la superficie del agua.

Las raíces funcionales presentan adaptaciones de acuerdo a la variación de anegación, exhibiendo diferentes grados de desarrollo de ramificaciones, variando en proporción directa con la disminución de agua y aumento de la aereación. La estructura del rizoma puede presentar adaptaciones tanto a sustratos o suelos permanentemente inundados como sujetos a periodos de bajo contenido de agua.

La mayoría de las especies tienen tallos subterráneos o rastreros. Así, aunque las raíces, partes del tallo o de las hojas se encuentran debajo del agua, la mayor parte de la planta es aérea.

En el tallo, la predominancia de tejidos de conducción, así como la abundancia de parénquima de reserva y de aerénquima indican su tendencia hidrofítica. La gruesa capa endodérmica protege contra la rápida pérdida de agua por sequía y vientos desecantes. Un rasgo característico de los tallos de las plantas emergidas son las grandes cámaras internas cortadas por frecuentes diafragmas que son permeables al aire. Estas cámaras dan aereación a las partes sumergidas. Los tejidos conductores como el xilema están bien desarrollados, por lo que estos tipos de hidrofitas pueden crecer emergidas sin que las sostenga el agua.

Cuando las hojas se desarrollan por encima de la superficie del agua, presentan cutícula y estomas, los cuales siempre están abiertos, algunas especies, carecen de la facultad para cerrar los estomas, la epidermis es muy cerosa.

Son ejemplo de géneros dentro de este grupo: *Typha*, *Scirpus*, *Phragmites*, *Sagittaria* y *Cyperus*.

♦ **Importancia Ecológica de las Macrofitas Acuáticas y su Diversidad**

Evidentemente la función más relevante que tienen estas plantas, es la de ser los productores primarios, lo que las coloca en la base de las tramas alimenticias de los ecosistemas acuáticos.

Modifican la química del agua, a través de la fotosíntesis y de sus secreciones celulares, así como también por intervenir en los balances biogeoquímicos, especialmente de los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y de oxígeno.

Dan estructura física a la zona litoral, forman suelos al retener sedimentos y sirven de refugio y alimento para diferentes comunidades animales (Titus *et.al.* 1975).

Muchas especies de macrofitas están cobrando mayor relevancia, especialmente para el uso de acuarios donde aparte de dar realce estético, son consumidores de bióxido de carbono, fuentes de oxígeno, sitios para desove y anidación de peces, además de emplearse como filtros biológicos, que retienen partículas y reciclan compuestos nitrogenados (Stodola, 1967).

Con lo que respecta a las macrofitas vasculares acuáticas su componente específico a nivel nacional es elevado. Lot, *et.al.* (1993), indican que el registro mundial es de 1,252 especies, habitando en México 138 especies lo que representa el 11 por ciento.

Del grupo de las angiospermas, se tienen 19 familias de monocotiledóneas, con 32 géneros y 82 especies, de las cuales las más notables por el mayor número de especies son: Alismataceae con 17, Lemnaceae con 15, Pontederiaceae con 12 y Potamogetonaceae con 10.

En las dicotiledóneas, se registran 13 familias, que agrupan 14 géneros con 30 especies, de éstas, Podostemaceae y Nymphaea son las que presentan la mayor diversidad a nivel nacional, cada una de ellas con 9 especies.

De los helechos, se registran 7 familias que agrupan a 8 géneros con 26 especies, de éstas, las más destacadas por su variedad son: Equisetaceae con 8 especies, Isoetaceae y Marsileaceae, cada una con 4 especies. (Lot, *op.cit.*)

2.2 Concepto de Malezas Acuáticas

La asignación de los términos de maleza o plaga parten del hecho de considerar a una determinada población vegetal como nociva. El marco de referencia de nocividad es sumamente discutible, en cuanto a que puede variar conforme a patrones culturales, sociales, tecnológicos y hasta estéticos de los grupos humanos y del entorno donde se desarrollan las especies vegetales. Estas concepciones humanas se conjugan de tal forma que muchas veces una planta adquiere valor de recurso natural y en otras de plaga. Estas acepciones pueden variar de un país a otro e incluso dentro de este mismo de una región a otra.

Además, las especies de plantas acuáticas que, en general se consideran nocivas no lo son por fuerza en todas las épocas. Muchas plantas sumergidas, flotantes y emergidas, que por lo común obstaculizan: el riego, la pesca, la navegación y la recreación, son deseables en zonas de refugio de aves acuáticas y ocasionalmente como de protección contra la erosión de zonas de litoral.

De aquí que sea necesario establecer una definición de cuando una población de macrofitas se comporta como maleza.

Para juzgar cuando una planta acuática es maleza, King (1966), citado por Olvera y Díaz (1984), menciona como características:

- Son plantas que crecen en donde no son deseadas.
- Crean competencia y hábitats agresivos o poco propicios para otras especies útiles.
- Son persistentes, incidiosas y resistentes a su control o erradicación.
- Consisten frecuentemente de grandes poblaciones.

Otros aspectos para considerarlas como malezas son:

- Interfieren negativamente con la productividad de los medios acuáticos.
- Tienen una alta tasa reproductiva y se expanden rápidamente en los medios que invaden.
- No tiene una utilidad inmediata, por lo que provocan una afectación en los sistemas acuáticos en los que se desarrollan.

Para Huffaker (1964), una maleza es una planta que se encuentra en un lugar inapropiado. Rojas (1990), amplía esta definición, indicando que una maleza es una planta que no se debe tener en un lugar y tiempo determinado.

Rzedowski (1978), determina como malezas a todas aquellas plantas silvestres que se desarrollan en hábitats totalmente artificiales, destacando que éstas son especies que se han adaptado a las condiciones impuestas por la actividad antropogénica.

Esta acepción toma en cuenta fundamentalmente el origen y adaptación de malezas, pero no hace referencia a las afectaciones que infligen a las actividades económicas.

Chapa (1976), define como maleza acuática a aquella planta hidrófila que crece en el sitio en el que estorba a las actividades humanas y causa daños a la economía y cuya proliferación rompe el equilibrio ecológico del ecosistema donde se presenta.

En base a lo expuesto anteriormente, el concepto de **maleza**, plaga o planta nociva acuática, que se aplicará en el presente trabajo será para todas aquellas poblaciones de macrofitas vasculares que por su abundancia, extensión y distribución, constituyen un problema para el aprovechamiento óptimo de las aguas epicontinentales y de los recursos relacionados con ellos, con repercusiones negativas a las actividades económicas.

2.3 Problemática de las Malezas Acuáticas

La presencia de malezas acuáticas, no sólo modifica la calidad y la 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 (Niño y Lot, 1983).

Los efectos deletereos han sido mencionados, en numerosos trabajos entre ellos tenemos a: Mulligan (1971), Bates (1970), Chapa (1976), NAS (1980), Moss (1980), Goldman y Horne (1983), Olvera y Díaz (1984), Díaz *et al.* (1989), Murgel (1984), Salas (1990) y Palombo y Bítécourt (1992); el consenso señala, como afectaciones relevantes:

◆ **Evapotranspiración**

La pérdida de agua en los cuerpos de agua como consecuencia de este proceso vegetal, se debe reconocer en mayor medida en las plantas flotantes y en menor cantidad en las emergentes.

En estos tipos, la evapotranspiración como proceso fisiológico de aporte de agua a la atmósfera por las plantas, varía de acuerdo a la especie y las condiciones ambientales en las que se desarrolla la misma, como es la temperatura y humedad relativa.

Por sus adaptaciones a los medios acuáticos, el transporte de agua del interior de la planta hacia la atmósfera no está regulado como en las plantas terrestres, ya que éstas transfieren grandes cantidades de agua. Se asume que hay una mayor pérdida de agua de las superficies cubiertas por un grupo denso de plantas acuáticas, que de aquellos cuerpos de agua que no las tienen.

Al respecto especialmente con *Eichhornia crassipes*, Penfound (1948), en un experimento ya clásico, comparó la pérdida de agua de áreas cubiertas por esta planta y superficies iguales sin cubierta vegetal, encontrando que la pérdida de agua en recipientes con lirio fue mayor hasta en una relación de 6.6 a 1.

Olvera (1989), menciona que las mediciones de lirio varían de sitio en sitio, para lo cual hace referencia a coeficientes de mediciones por Holm, el cual reporta valores de 2 a 8 y Mitchell, reporta determinaciones de 1.0 a 3.7 y de 1.0 a 1.26. Sin embargo, se señala que la mayoría de estas mediciones fueron llevada a cabo en condiciones semiartificiales, por lo que los valores encontrados sólo sirven de referencia

Los factores que influyen para que las tasas de evapotranspiración de las macrofitas vasculares se incrementen son: ascenso de la temperatura, baja humedad relativa, vigor y mayor talla de las plantas.

A este respecto en México, Chapa (1976) hace referencia a las mediciones que Treviño en 1965 realizó en el río Balsas y en la presa Sanalona, Sin., para conocer la pérdida de agua con y sin lirio. La razón de pérdida con lirio fue hasta 4.92 veces más con lirio que sin él para el río Balsas y de 5.09 veces mayor para la presa Sanalona.

◆ ***Daños a la Infraestructura Hidráulica***

La sedimentación en lagos, embalses, corrientes superficiales, canales y drenes, tiende a ser mucho más acelerada por la disminución de flujos y retención de partículas en suspensión por las hidrofítas vasculares. De esta forma se acelera el azolvamiento de canales, drenes y embalses, lo que repercute en la reducción de volúmenes almacenados y por ende en la conducción y el abasto del agua.

Las consecuencias económicas negativas indirectas de los procesos de sedimentación, son que reduce la vida útil de los cuerpos de agua.

El flujo de agua es afectado cuando la maleza reduce la sección hidráulica de ríos, canales y drenes, llegando en ocasiones a provocar inundaciones en algunas zonas por desbordamiento de los mismos. De esta manera la eliminación de la vegetación para restablecer los flujos normales, incrementa notablemente los costos de mantenimiento de la infraestructura hidráulica de los Distritos de Riego y Drenaje.

Las especies emergentes y flotantes causan efectos similares a las sumergidas, ya que al formar grandes conglomerados o masas compactas, obstruyen el libre flujo del agua de las estructuras de conducción, lo que propicia en ocasiones el aumento de la presión hidráulica de sus bordos, los cuales se erosionan con consecuente destrucción de las secciones hidráulicas, derivando en la eficiente de conducción del agua y en el incremento de los costos de operación y mantenimiento.

◆ **Interferencia en la Navegación y la Pesca**

La navegación con botes convencionales con remos o con motor fuera de borda, en zonas invadidas por malezas acuáticas tanto flotantes como sumergidas, se vuelve muy dificultosa y en ocasiones imposible.

Los botes se usan para una serie de actividades entre las que destaca la pesca y en menor medida el transporte y la recreación. De aquí que las hidrofitas interfieran con estas actividades.

Para la primer actividad, sin duda las repercusiones son mayores, debido a que muchas comunidades ribereñas dependen de la pesca de autoconsumo y comercial. En algunos embalses plagados con lirio acuático, los pecadores se ven impedidos frecuentemente de recoger sus aparejos de pesca como redes agalleras y nasas, debido a que tapetes móviles y densos llegan a cubrirlos, impidiendo la recolección oportuna de las especies capturadas.

◆ **Ecológicos**

Dentro de este aspecto se destacan especialmente las formas flotantes, por limitar el paso de energía luminosa a la zona fótica del epilimnion, afectando al fitoplancton como son las algas, organismos base de las cadenas alimenticias. La reducción específica de estas comunidades repercute en los niveles superiores de las tramas tróficas.

El crecimiento excesivo de los tipos flotantes como por ejemplo, la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), lenteja de agua (*Lemna minor*) y particularmente el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), forman tapetes tan amplios que limitan el intercambio del oxígeno del agua con la atmósfera. Por otra parte, su muerte y putrefacción inducen a una alta demanda de oxígeno, situación limitante para muchas comunidades del resto de la cadena trófica, algunas de importancia comercial como los peces.

La alta abundancia de una especie, puede desplazar a otra por fuerte competencia, con lo que se presenta una eliminación de otras poblaciones, y puede experimentarse un empobrecimiento de la biodiversidad de los medios acuáticos epicontinentales.

◆ **Calidad de Agua**

En particular, la descomposición de macrofitas incorpora una carga orgánica adicional al agua potable, alterando sus propiedades organolépticas con consecuentes trastornos en los procesos de potabilización, por aumento de sedimentos, disminución de oxígeno, y aumento de amoníaco, así como la resuspensión de ciertos metales como: Mn y Fe de los sedimentos por crear condiciones anóxicas.

El deterioro de la calidad del agua, se puede reflejar en la salud humana, como por ejemplo, la presencia de los compuestos trihalometanos, derivados de la reacción del cloro aplicado durante el proceso de potabilización del agua y de materia orgánica proveniente de la descomposición de los tejidos vegetales, constituyen un riesgo para la salud, por ser precursores de cáncer (Salas, 1990).

◆ *Problemas de Salud Pública*

Las hidrofítas vasculares, proveen de hábitat a una serie de animales vectores de enfermedades humanas como el paludismo, la filariasis, la fasciolosis y la esquistosomiasis.

Las dos primeras transmitidas por mosquitos, las restantes transmitidas por vectores como los gasterópodos de los géneros *Limnae* spp.; para fasciolosis y para esquistosomiasis, los géneros *Bulianus*, *Biomphalaria* y *Oncomelaria* (Moss, 1980; NAS, 1980).

Sin duda en el país, la mayor problemática de salud pública asociada a malezas acuáticas, está relacionada con la proliferación de mosquitos.

Estos dípteros constituye una gran molestia sanitaria que llega a dificultar el desarrollo socioeconómico de áreas aledañas a los cuerpos de agua, por los daños que infringen a los humanos y sus animales domésticos, además de ser peligrosos por ser potencialmente vectores de enfermedades epidémicas, siendo además molestos por su abundancia y por lo tóxico de sus picaduras (Secretaría de Salud, 1990).

Las larvas de una gran parte de especies de mosquitos están asociadas de una u otra forma con las macrofitas acuáticas. Esto se debe a que éstas forman parte del hábitat de la larva.

La relación de mosquitos e hidrofítas vasculares, puede ser tan estrecha que Bates (1970), indica que especialmente con respecto al estudio del paludismo, se llevaron a cabo varios estudios que buscaban determinar la presencia de determinadas especies de mosquitos con sólo identificar las poblaciones vegetales. Aunque los resultados no demostraron una correlación positiva como para que las especies de plantas puedan ser en general usadas como indicadores, sí se encontró que los tipos de plantas como pueden ser las emergentes y flotantes son determinantes para el establecimiento de las poblaciones de estos insectos.

Russell y Rao (1942), citados por Bates (1970), indican que la ovoposición de *Anopheles culicifacies*, es influenciada por la altura de la vegetación. La cantidad de sombra o de luz requerida para el desarrollo de las larvas está determinada por el tipo y distribución de la vegetación.

Estas influencias han sido reconocidas por los malariólogos en sus trabajos de clasificación de lugar de crianza y hábitats larvarios.

Hess y Hall (1945), citados por Bates (1970), establecen en sus estudios las relaciones entre los tipos de plantas y sitios de crianza larvarios de los anofelinos, que las larvas de *Anopheles quadrimaculatus* son más abundantes en los hábitats dominados por los tipos emergidos que por los flotantes.

Los mosquitos infectan al hombre y a los animales domésticos, con organismos de numerosas enfermedades peligrosas y debilitantes. Estos insectos presentan uno de los medios más eficientes por los cuales, los organismos pueden infectar nuevos huéspedes. Por ejemplo, el mosquito *Anopheles* es transmisor indispensable en la propagación del paludismo, ya que este parásito, pasa el periodo sexual de su ciclo de vida en el mosquito y las etapas asexuales tienen lugar en el hombre, quién es, por lo tanto, el hospedero intermediario.

La relación de enfermedades infecciosas con mosquitos que se desarrollan dentro del área de distribución de hidrofítas es amplia, así, la filaria *Wuchereria bancrofti*, se desarrolla en los mosquitos *Culex quinquefasciatus*.

Culex tarsalis, es vector del virus EEW, y *Culex* spp. son vectores de la fiebre amarilla.

La transmisión de esta clase de enfermedades, es necesariamente, biológica ya que la relación del patógeno o parásito con el vector es obligatoria. La presencia del artrópodo es necesaria para que el agente complete su desarrollo.

El género *Anopheles* tiene 26 especies registradas en México (Secretaría de Salud, 1990). y se considera el transmisor natural del paludismo. Este género con una distribución cosmopolita, comprende dos vectores principales: *Anopheles pseudopunctipennis* y *Anopheles albimanus*, de éstos, el primero tiene mayor relación con hidrofítas vasculares de ambientes epicontinentales.

La relación más evidente se debe a que los huevos de los anofelinos son puestos en la superficie del agua cuando las hembras reposan sobre la vegetación. Por otra parte, las larvas pueden encontrarse en las riberas de los lagos, lagunas, arroyos, zanjas de préstamo, siendo generalmente sus microhábitats la vegetación flotante o emergente. Durante la fase adulta que es la etapa que causa los problemas sanitarios, las hembras antes y preferentemente después de alimentarse pueden pasar tiempo reposando en áreas favorables que les proporciona la vegetación acuática densa.

En el desarrollo de *Anopheles darlingi*, los sitios específicos de reproducción casi siempre son lugares con sombra parcial, la cual es proporcionada por plantas acuáticas flotantes, con hojas aéreas como *Pistia* y *Eichhornia*, o bien por vegetación alta emergente con *Typha* spp.

Sin duda, la relación más estrecha entre las hidrofítas y los mosquitos lo muestran la demuestran las especies *Mansonia dyari* y *Mansonia titillans*, las cuales están implicadas en la transmisión de encefalitis equina venezolana, tienen un ciclo vital peculiar, las larvas

tienen un sifón puntiagudo con dientes aserrados con los que atraviesan las raíces de plantas acuáticas, donde permanecen adheridos por largos periodos de tiempo.

La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) es su planta favorita. Las trompetas de las pupas son también puntiagudas y capaces de perforar el tejido de otras plantas. Los adultos se alimentan fácilmente con sangre humana y su presencia es común alrededor de lagos y lagunas, donde tienen a su disposición plantas acuáticas (Secretaría de Salud, *op.cit.*).

Culex quinquefasciatus, es una especie de gran problemática de salud pública, por desarrollarse en aguas contaminadas y con grandes extensiones de lirio acuático. En efecto, es un mosquito peridoméstico, adaptado a reproducirse en agua de alto contenido de materia orgánica.

Proliferan en vasos alimentados con aguas residuales de origen urbano, toleran altas concentraciones orgánicas y bajos contenidos de oxígeno. El lirio acuático no sólo les proporciona un hábitat para todas las formas del ciclo de vida, también ayuda a su dispersión y transporte, cuando son llevadas de un sitio a otro principalmente por el viento y pueden arrastrar a las larvas en sus raíces y a los adultos que reposan en las hojas.

C. quinquefasciatus es el transmisor potencial de las filarias *Wuchereria bancrofti* y *Bugia malagi* siendo los agentes causantes que provocan la elefantiasis (Secretaría de Salud *op.cit.*).

◆ **Socioeconómico**

Las malezas acuáticas ocasionan problemas económicos al contribuir en la disminución de vida útil de los cuerpos de agua, así como por la afectación de las actividades productivas como la pesca e incluso el turismo.

Su control o eliminación en la infraestructura hidráulica se traduce en altos costos de mantenimiento. Pero con su presencia, se corre el riesgo de experimentar un mayor impacto económico negativo, al no poder hacer uso óptimo del agua y de los reservorios.

Otro problema económico, es la devaluación de las propiedades adyacentes a los cuerpos de agua infestados. La infraestructura urbana construida, puede disminuir su plusvalía con relación a la infestación de malezas acuáticas. Esto se debe a que las malezas muchas veces demeritan la estética del lugar, impiden la recreación, propician los malos olores, así como el desarrollo de plagas de mosquitos.

Las afectaciones propiciadas por las malezas mencionadas anteriormente, se consideran como parte de una problemática ambiental que llega a repercutir en la sociedad y en la economía, local y regional.

2.4 Causas de la Proliferación de Malezas Acuáticas

La infestación por malezas acuáticas es producto de una serie de profundas modificaciones de las condiciones fisico-químicas y biológicas de los medios acuáticos.

Las alteraciones en su conjunto se relacionan principalmente con el enriquecimiento de nutrientes o procesos de eutroficación, la dragadación de cuencas, las modificaciones de los patrones de escurrimientos superficiales de las cuencas hidrográficas y la introducción de plantas exóticas.

2.4.1 Eutroficación

El crecimiento demográfico en el país durante las últimas cinco décadas, ha tenido un consecuente aumento en la demanda del recurso agua, lo que ha acelerado la construcción de embalses artificiales para satisfacer el abastecimiento de agua potable a los núcleos urbanos e industriales, a la agricultura de riego, para la generación de energía eléctrica, así como las actividades pesqueras, acuícolas y turísticas.

En el manejo mismo del agua, los escurrimientos superficiales y especialmente muchos de estos embalses han sufrido profundos cambios fisicoquímicos y biológicos debido fundamentalmente a su contaminación, que es consecuencia del aporte desmedido de sustancias provenientes de aguas servidas con altos contenidos de sustancias tanto inorgánicas como orgánicas.

La introducción de compuestos o elementos en altas concentraciones, se traduce en una situación de desequilibrio energético en los sistemas limnéticos conocido como eutroficación.

La eutroficación es el proceso por el cual una masa de agua pasa de una condición oligotrófica o de baja productividad a una eutrófica o de elevada productividad (Murgel, 1984).

La eutroficación como fenómeno inducido, está determinada por un exceso de nutrientes en forma artificial, principalmente de sales de fósforo y nitrógeno, las cuales dejan de ser un factor limitante para las plantas, por lo que al tomarlo libremente se favorece su proliferación, de tal forma que cuanto mayor sea la disponibilidad de tales elementos, más alta será la producción de organismos vegetales entre los que se tiene a las macrofitas acuáticas.

Estas poblaciones de plantas bajo esta situación, tienden a crecer en forma exponencial, por lo que al aumentar sus cubiertas adquieren la condición de maleza. Los procesos eutróficos originan cambios en la cantidad y composición de su biomasa, como también de las estructuras poblacionales y por ende de las comunidades de los ambientes epicontinentales.

De aquí que las macrofitas vasculares se consideren como una manifestación de un estado de envejecimiento acelerado de los ambientes acuáticos o de eutroficación.

En cuerpos de agua de climas tropicales y subtropicales, el crecimiento excesivo de las macrofitas vasculares, es una respuesta al incremento en la entrada de nutrientes, a tal grado que en ocasiones son los principales productores primarios de los embalses, en sustitución del fitoplancton (Olvera, 1990).

Con relación a lo anterior, el proyecto regional del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), para evaluar los estados tróficos: hipereutrófico, eutrófico, mesotrófico, oligotrófico y ultraoligotrófico, utiliza la presencia de macrofitas. (Salas, 1990).

Tomando en cuenta que la contaminación de agua es el origen principal del enriquecimiento acelerado de nutrientes, se expone su panorama en el país de acuerdo a sus usos (Comisión Nacional del Agua, 1993).

2.4.2 Urbano

Este tipo de aguas se caracteriza principalmente por tener altos contenidos de materia orgánica y detergentes siendo fuentes de nitrógeno, carbono y fósforo. Actualmente se extraen 7.8 kilómetros cúbicos al año para abastecer a las zonas urbanas.

De este caudal, se estima que retorna como aguas residuales 5.0 kilómetros cúbicos, generando como carga contaminante el equivalente a 1.1 millones de toneladas expresadas en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) al año.

2.4.3 Industrial

Las aguas que provienen de las descargas industriales, llevan metales pesados como: plomo, mercurio, cadmio, níquel y arsénico, así como diversos compuestos nitrogenados y fosforados, además de fuertes cargas orgánicas de composición química compleja. El volumen de agua utilizado por industria se estima en 8.9 kilómetros cúbicos.

Se considera que esta actividad vierte alrededor de 5.3 kilómetros cúbicos anuales, con una carga orgánica mayor a las 3.6 millones de toneladas por año de DBO.

Las industrias más contaminantes son: azucarera, vitivinícola, celulosa y papel, textil, química, del petróleo, petroquímica y curtidería.

2.4.4 Agrícola

La producción agropecuaria participa en la contaminación de los medios acuáticos, por el uso que hace esta actividad primaria de una gran cantidad de plaguicidas y fertilizantes para aumentar sus rendimientos. Las aguas de retorno agrícola son particularmente ricas en fósforo. El sector agrícola se estima extrae y descarga 55.5 y 8.9 kilómetros cúbicos por año de agua, respectivamente.

2.4.5 Degradación de Cuencas

Es conveniente mencionar que una buena parte del aporte excesivo de nutrientes tiene su origen en la degradación de las cuencas hidrográficas, lo que constituye la contaminación dispersa o difusa de los medios acuáticos.

Los desmontes, el sobrepastoreo, quemas de vegetación, así como la agricultura de temporal practicada en terrenos no apropiados, han inducido a la erosión hidráulica acelerada de las cuencas, por lo que las corrientes arrastran mayor carga de terrígenos que son fuente de nutrimentos vegetales. A este respecto Murgel (1984), señala que muchos embalses han sido fuertemente eutrofizados como consecuencia de la deforestación de las cuencas correspondientes.

En las cuencas, el desarrollo hidráulico para la construcción de canales, drenes, diques, presas, obras de conducción de agua potable, conllevan fuertes alteraciones de los patrones originales de escurrimiento superficial, flujos de agua y de transporte de sedimentos, lo que induce a cambios en los ambientes lóticos y lénticos. En particular estos últimos, representados ampliamente por las presas, actúan como trampas de nutrientes que favorecen el desarrollo de determinadas poblaciones de hidrofítas vasculares. En los sistemas fluviales con la disminución de la velocidad de la corriente por barreras físicas, se crean condiciones propicias para el desarrollo de hidrofítas vasculares.

2.4.6 Introducción de Plantas Exóticas

Al introducir a un ecosistema una planta extraña, es decir, fuera de su lugar de origen, puede resultar que ésta sea más competitiva que las autóctonas, o bien ocupar espacios no aprovechados por otras poblaciones o comunidades. La introducción puede ser en forma natural o artificial.

Las especies que constituyen plagas y que logran entrar en regímenes nuevos y favorables, a menudo pasan a ser mucho más nocivas que en sus lugares de origen.

Esto puede ser resultado de los factores siguientes:

- 1) Condiciones ambientales favorables, como puede ser alta cantidad de nutrientes, adecuada latitud y altitud, y mayor cantidad de radiación solar.
- 2) Presentan menor grado de competencia por otras especies, y en muchos de los casos no encuentran competencia.
- 3) Ausencia de enemigos naturales.
- 4) Cuando se presentan algunos enemigos naturales, puede existir resistencia, o tolerancia, debido a la capacidad para resistir o rehacer la destrucción de los tejidos causados por los organismos depredadores o parásitos.
- 5) Mayor capacidad de multiplicación, incluso bajo el ataque más severo por el organismo biocontrolador.

2.5 Infestación de Malezas Acuáticas

Los antecedentes que se tienen en el país, sobre la infestación de malezas acuáticas parten fundamentalmente de las estimaciones que realizó la SARH en 1981, a través de encuestas a sus oficinas en el interior del país, donde se determinó que de 1,239,000 hectáreas de aguas continentales interiores, el 9.28% presentó invasión de malezas acuáticas, lo que significó la afectación de 114,862 hectáreas. El Estado con mayor superficie infestada fue Veracruz, con 47,205.95 hectáreas, lo que representó el 41.09 por ciento. En orden de importancia por superficie infestada le siguió Tamaulipas con 25,896.97 hectáreas y Tabasco registró 12,500 hectáreas, lo que representó el 22.54 y 10.88 por ciento, respectivamente (Cuadro 1)

Se consideró a las lagunas costeras como las más infestadas con el 68%, seguidas de las presas con el 17%, zonas pantanosas con 12%, canales con 3%, y ríos con 0.05%.

De las 114,862 hectáreas, *Eichhornia crassipes*, constituyó el 35.05%, *Rupia maritima* el 29.93% y *Typha* spp. el 22.67%, el resto corresponde a otras hidrofítas.

En este inventario, el criterio para determinar que una población de plantas acuáticas adquiriera el carácter de maleza fue que sus cubiertas ocuparan una superficie igual o mayor al 30%, del total del cuerpo de agua.

En una actualización del inventario de 1981, por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 1989), determinó una infestación por malezas acuáticas a nivel nacional era de 120,000 hectáreas; de las cuales 72,000 hectáreas, correspondieron a lirio acuático, de las que 42,000 hectáreas correspondieron a los Estados de Veracruz, Tabasco, Hidalgo y Jalisco.

CUADRO I

AREA QUE OCUPAN LAS MALEZAS ACUÁTICAS POR ESTADO

ESTADO	SUPERFICIE	
	HECTÁREAS	PORCENTAJE
1. Veracruz	47,205.95	41.09
2. Tamaulipas	25,896.97	22.54
3. Tabasco	12,500.00	10.88
4. Estado de México	6,240.00	5.43
5. Jalisco	4,808.00	4.19
6. Guanajuato	4,325.00	3.77
7. Sinaloa	3,615.00	3.14
8. Michoacán	2,190.00	1.90
9. Puebla	2,100.00	1.82
10. Hidalgo	1,764.00	1.53
11. Sonora	1,253.00	1.09
12. Colima	1,000.00	0.87
13. Distrito Federal	560.00	0.49
14. Durango	407.01	0.35
15. Guerrero	315.00	0.27
16. Aguascalientes	256.00	0.22
17. Nuevo León	175.00	0.15
18. Querétaro	105.00	0.09
19. Tlaxcala	61.40	0.05
20. Nayarit	50.00	0.04
21. Oaxaca	30.20	0.03
22. Morelos	3.80	0.003
Total	114,862.03	99.90

Fuente: Inventario Nacional de Malezas Acuáticas y su Distribución.
SARH, 1981.

La problemática ocasionada por *Eichhornia crassipes*, se considera generalizada en el país, ya que, son numerosos los cuerpos de agua, que presentan algún tipo de infestación, aunque especialmente la situación es crítica en la región centro, especialmente en las cuencas de los ríos Lerma, Santiago y Pánuco.

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), algunos autores como Chapa (1976), lo consideran una planta exótica, que fue introducida en el país, a finales del siglo pasado, siendo nativa de la zona del Amazonas en América del Sur.

En general, la invasión por el lirio acuático ha experimentado un avance de sur a norte. Conforme se construyen las obras hidráulicas (Chapa, 1976). También se tiene como versión que su presencia en América del Norte se debe a la introducción como ornato, debido a la belleza de sus flores.

A la fecha, con excepción de las zonas del país carentes de agua dulce superficial como Baja California y Yucatán, se puede encontrar prácticamente en el resto de la República de Mexicana.

Debe agregarse que entre las malezas, que en fechas relativamente recientes ha invadido rápidamente nuestras aguas, es una hidrocariacea, *Hydrilla verticillata* que fue reportada inicialmente en la presa Rodrigo González (La Boca), en el Estado de Nuevo León (Contreras 1975).

Novelo y Martínez (1989), mencionan al respecto de *Hydrilla verticillata*, su singular importancia para nuestro país, debido al peligro actual y potencial que tiene su presencia, pues es considerada una de las malezas acuáticas más agresivas y difíciles de controlar en el mundo. Es una especie aparentemente originaria del sureste asiático, y su distribución en México se debe posiblemente por introducciones de fragmentos, tubérculos, turiones o semillas adheridas a lanchas provenientes del sureste de Estados Unidos. Sus primeros reportes documentados son para ríos que alimentan la presa Vicente Guerrero en el Estado de Tamaulipas

En los últimos años se ha incrementado la infestación de esta maleza acuática sumergida en canales de riego, donde actualmente se distribuye en los siguientes Distritos de Riego:

- Río Colorado, B.C.
- Bajo Río Bravo, Tamps.
- Bajo Río San Juan, Tamps.
- Soto La Marina, Tamps.

2.6 Control de Malezas Acuáticas

El control de malezas acuáticas, se debe entender como los procedimientos o las acciones tendientes a reducir al mínimo las cubiertas y densidades de macrofitas vasculares, en los cuerpos de agua epicontinentales.

Las acciones se agrupan convencionalmente en tres métodos que son: físicos, químicos y biológicos.

Los métodos se pueden aplicar por separado o integralmente, situación que estará determinada por gran cantidad de variables a considerar, como son: tipos de macrofitas, cobertura y distribución. A esto hay que agregar especialmente las características del cuerpo de agua en el que se desarrollan, disponibilidad tecnológica, ventajas técnico-económicas y aceptación social.

2.6.1 Controles Físicos

En el método físico, se aplica una amplia variedad de formas de ataque de las plantas acuáticas nocivas, que van desde la sofocación de las plantas, hasta su control hidráulico, pasando por las acciones mecánicas. Estas últimas, las más variadas y de mayor aplicación, comprenden las formas más primitivas como son las manuales, así como el uso maquinaria sofisticada diseñada especialmente para la recolección o destrucción de las poblaciones infestantes.

♦ Técnicas Manuales

Son las formas tradicionales y las más generalizadas de aplicación para la eliminación de todo tipo de malezas, tanto flotantes como sumergidas y emergentes. La eficacia tiende a ser mayor en embalses pequeños, así como en canales y drenes. En cuerpos de agua con bajos niveles de infestación es posible lograr reducciones de las cubiertas de macrofitas vasculares. Este método pueden ser desarrollado por un sólo hombre o cuadrillas de trabajadores dotados con implementos rudimentarios o aperos artesanales como: guadañas, machetes, hoces, bieldos y rastrillos.

La escarda como método físico para desprender del suelo cada planta utilizando un apero especial, se puede recomendar para plantas emergentes como el tule.

Los aperos manuales se emplean en lugares inaccesibles al equipo mecánico, por ejemplo, la guadaña se sigue usando mucho para combatir la vegetación de las orillas de bordos de canales y drenes y áreas ribereñas.

Esta técnica se ha venido aplicando en innumerables cuerpos de agua, particularmente para la extracción de lirio acuático, por mencionar algunos, tenemos: Xochimilco, D.F.; Pátzcuaro,

Mich.; San Miguel Regla y Laguna Zupitlán, Hgo.; Laguna de San Miguel Almaya, Estado de Méx.; Presa Quilamula, Mor., así como en el Lago de Chapala, Jal.

En los Distritos de Riego el control manual, forma parte de las labores de limpieza de lirio, tule, hidrila y cola de caballo, que realizan los usuarios en canales y drenes.

♦ *Sofocación de las Plantas con Materiales Inertes*

Las plantas se afectan al no dejar que llegue la luz a las partes fotosintéticas, por obstrucción de materiales inertes (NAS, 1980).

La sofocación parcial con una delgada capa de materiales recubridores, puede debilitar una planta al disminuir su capacidad fotosintética y al crear un microclima desfavorable, con lo que ayuda a combatirla. En general, para cubrir a las plantas, se emplean materiales resistentes e impermeables. Los materiales recubridores aplicados en forma de una lámina continua sobre las cubiertas vegetales, tales como plásticos de polietileno, son más eficaces para combatir plantas nocivas. La cubierta debe impedir la transmisión de luz para evitar la fotosíntesis.

Otra técnica para controlar el crecimiento de malezas, es recubriendo el fondo de un estanque con plástico y cubriéndolo con grava o arena evita el enraizamiento de las plantas y su crecimiento. Este método generalmente toma varias semanas de duración durante el cual el agua es inaccesible (Olvera y Díaz, 1984).

♦ *Control Hidráulico o del Nivel del Agua*

En canales y eventualmente en algunos embalses, la supresión del suministro de agua, es una forma de eliminar malezas flotantes y sumergidas, siendo esta acción más efectiva para estas últimas plantas que sufren muerte por rápida desecación. Por otra parte, el aumento de los flujos canales, permite en algunas ocasiones el arrastre de las hidrofitas en especial las flotantes, para la limpieza de las secciones.

En algunos Distritos de Riego, el arrastre de plantas por manejo de los niveles de agua, es una forma normal de supresión.

En los embalses, con el aumento de nivel o tirante de agua por manejo hidráulico, se logra la anegación de áreas ribereñas cubiertas por poblaciones emergentes o flotantes fijas al sustrato, las cuales al ser totalmente cubiertas pueden perecer por falta de oxígeno y obstrucción fotosintética.

También en los embalses el manejo hidráulico de la infraestructura permite, que las malezas flotantes como el lirio acuático, salgan por decantación o arrastre por las obras de excedencias o de toma.

Respecto a cambios de nivel, el aumento periódico del área de inundación en los embalses, particularmente durante la temporada de mayor captación de escurrimientos superficiales, permite que las cubiertas vegetales flotantes como el lirio acuático, se distribuyan en cotas o márgenes superiores de inundación, las cuales, al descender paulatinamente el nivel de inundación por la extracción de agua del embalse, queden retenidas, donde sufren estragos por desecación, con lo que se reducen las cubiertas infestantes.

Chapa (1976), menciona que en el Lago de Chapala, por medio de manejo de niveles de agua, el lirio acuático era sacado por la fuerza de las corrientes hacia el río Santiago, razón por lo que la infestación de esta planta se agrava en los años de sequía.

Sobre el manejo hidráulico, en la presa Guadalupe, Méx., se instaló en la obra de toma una estructura metálica denominada "JLP", diseñada para decantar el chichicaxtle (*Lemna minor*), para posteriormente eliminarlo por obra de toma y transportarlo aguas abajo del embalse (SARH, 1982).

La estructura era una placa de acero apoyada en la base de la obra de toma, provista de vertedores o mirillas a todo lo ancho, de aproximadamente 0.15 m de altura por 1.20 m de longitud, con espacios de 0.30 m con lo que se lograba manejar y aprovechar los niveles del agua, para imprimir una velocidad de flujo suficiente para arrastrar el chichicaxtle hacia el vertedor. Los resultados de este procedimiento en su momento se reportaron como óptimos.

Con la posterior predominancia de lirio acuático en la presa, se estudio un proyecto similar para su extracción, el cual arrojó como resultado que este procedimiento de manejo de niveles de agua por este tipo de estructura era inadecuado para reducir las cubiertas de este vegetal (SARH, *op. cit.*).

• *Quema*

La quema como un medio práctico y económico para eliminar malezas acuáticas, se ha propuesto como medida preventiva para disminuir en gran medida la cantidad de plantas reinfestantes y por ende el trabajo manual o mecánico.

La quema sólo se emplearía sobre la vegetación acumulada en las riberas de los cuerpos de agua que queda retenida al bajar el nivel de agua. La quema debe ser controlada y se vislumbra como forma de eliminación de cubiertas desecadas o marchitas, que al recibir agua, logran recuperar numerosos elementos de su población o que guardan semillas viables que germinarán al estar en contacto con suficiente líquido, lo cual sucede principalmente con el lirio acuático.

Es necesario estudiar con cuidado los objetivos de la quema. Las personas que no conocen bien las limitaciones de estos métodos, se sienten defraudados por sus resultados.

2.6.2 Controles Mecánicos

Los procedimientos mecánicos son los de mayor uso y diversificación que se utilizan para el control de las malezas. Dentro de estos tenemos:

♦ *Dragado*

Esta técnica que consiste en el arrastre y colecta de todo tipo de hidrofítas vasculares. Se efectúa con máquinas de operación terrestre que tienen implementos colectores como son: cucharones o canastillas y palas. Las máquinas para llevar a cabo estos trabajos son principalmente grúas (dragas), excavadoras y tractores con brazos hidráulicos, las cuales por sus características de diseño funcionan con mayor eficiencia en canales y drenes, ya que en embalses tiene un alcance limitado, por lo que sólo tienen capacidad de extraer las plantas cercanas a la zona litoral.

En la mayor parte de los Distritos de Riego, el lirio acuático y tule, se extraen con dragas, excavadoras hidráulica o retroexcavadoras equipadas con rastrillo o cucharón de canastilla, diseñados y contruidos de acuerdo a las necesidades de cada Distrito. En algunos de estos mismos se emplea el cucharón o bote de construcción, con rendimientos muy bajos.

En estas Unidades de Riego, como parte del mantenimiento general de obras hidráulicas, en las que se incluye el control de malezas, se estima se utilizan aproximadamente 350 dragas (IMTA, s/a).

Para extraer *Hydrilla verticillata*, se utilizan también dragas con canastilla o retroexcavadoras con cucharón de canastilla.

♦ *Equipo Ligero*

En los Distritos de Riego para el control de malezas acuáticas, se ha venido utilizando en fechas relativamente recientes, lo que se conoce como equipo ligero. En su conjunto consiste en un brazo hidráulico, al que se le acopla e intercambia diferentes implementos como: desvaradoras, picadoras y canastilla cortadora. El equipo ligero se adapta a los tractores agrícolas, lo que permite la limpieza de canales y drenes desde sus bordos (IMTA, s/a)

Las desvaradoras, son cortadoras rotatorias integradas por una o varias hojas, que giran sobre su eje vertical. El mecanismo de corte va unido a un bastidor. Se utilizan para la destrucción de malezas emergentes.

Las picadoras, son cortadoras integradas por pequeñas cuchillas tipo azadón unidas a un rotor que gira alrededor de un eje horizontal. Este equipo se usa para el corte de malezas emergidas que posteriormente deben extraerse.

La canastilla cortadora, consiste en una cuchilla hidráulica tipo barra de corte y una canastilla que recoge al mismo tiempo el material cortado para extraerlo fuera del canal o dren. La canastilla permite extraer plantas como: tule (*Typha*) e hidrila (*Hydrilla verticillata*).

♦ *Limpieza con el Método por Cadena*

Se aplica en canales y se basa en el arrastre de gruesas y pesadas cadenas por las secciones para desprender del fondo o plantilla, las hidrofitas sumergidas. Las cadenas son sujetadas a vehículos en movimiento como por ejemplo, tractores, uno a cada lado del canal, donde avanzan en la misma dirección tirando las cadenas detrás de ellos.

En los Distritos de Riego del noreste de país, para arrancar la hidrila se usan dos tractores agrícola o buldozer que arrastran cadenas con un peso mínimo de 25 kg/m. Una vez desprendidas las masas vegetales, la fuerza de la corriente en el canal las transporta hasta las estructuras de control o represas donde se acumula para su posterior extracción con excavadoras hidráulicas o con dragas.

♦ *Embarcaciones para Cosecha*

La cosecha con embarcaciones, se comenzó a ensayar en el Lago de Pátzcuaro, con una innovación de lugareños, consistente en montacargas colocado en un lanchón, mediante el cual se extraía lirio acuático, con un rendimiento de 40 toneladas en jornada de 8 horas diarias (Chapa, 1976).

González (1976), reporta las experiencias de control de lirio acuático en la presa Presidente Manuel Avila Camacho, (Valsequillo, Pue), donde la entonces Secretaria de Agricultura y Ganadería, innovó una máquina extractora. Los resultados obtenidos con la máquina construida en su momento, se obtuvieron rendimientos tan bajos, que se establece fue ineficaz para el control esperado de esta planta flotante.

El tipo de máquinas cosechadoras más sofisticadas, son lanchas, con canastillas para la colecta de plantas acuáticas, malezas flotantes y sumergidas. Funcionan con un cabezal móvil para corte y cosecha, el cual puede ser sumergido hasta 1.5 metros y efectuar cortes horizontales y verticales, por medio de barras con navajas. Son impulsadas por paletas laterales que le permiten girar en espacios reducidos. El producto cosechado se transporta a un contenedor a través de una banda sin fin con capacidad de almacenamiento variable de acuerdo a las características de diseño. El material cosechado se descarga en las riberas del cuerpo de agua o en embarcaciones de apoyo.

Este tipo de embarcaciones que en su mayor número se comercializaron con la marca Acumarine, se vienen usando permanentemente para la extracción de lirio acuático, en los lagos de Xochimilco y Pátzcuaro, así como en la presa Valle de Bravo.

♦ *Embarcaciones para Trituración*

El uso de este procedimiento, se reporta también por González (1976), en los intentos de control de lirio acuático en la presa Presidente Manuel Avila Camacho, donde el Instituto Nacional de la Pesca, financiado por el Gobierno del Estado, desarrollo, la construcción de una embarcación trituradora, la cual tubo desaciertos de diseño, por lo que fue inoperante para el control de esta maleza.

La trituración con actual eficiencia, se realiza con un catamarán, con propelas de paletas laterales, la cual está diseñada para la destrucción por fraccionamiento de lirio acuático únicamente. Tiene un frente de corte de 4 metros, integrado por 70 cuchillas o martillos unidos a un rotor que giran alrededor de un eje horizontal, que trabajan a 15 cm por abajo del nivel del agua. Esta máquina hizo su aparición en México en el año de 1986, logrando limpiar de lirio acuático un embalse que en su caso fue la presa Requena en el Estado de Hidalgo. Esta máquina se conoce comercialmente con el nombre de "Retador", y ha operado también en los embalse como: presa La Vega en el Estado de Jalisco; Endhó y río Tula en Hidalgo, río Santiago en Jalisco, así como en la presa José Antonio Alzate y Laguna de Zumpango en el Estado de México.

Como la trituración se realiza *in situ*, sin tener que trasladar la maleza a otro sitio, el material fragmentado queda flotando, entrando en un proceso de descomposición y posterior hundimiento.

La trituración particularmente de lirio acuático, ciertamente no era novedosa, pues se empezó a realizar en Estados Unidos desde principios de siglo, dejándose de realizar en parte porque se consideraba que los fragmentos podían regenerar nuevas plantas y por aspectos ambientales como el potencial deterioro de la calidad del agua por exceso de materia orgánica en los cuerpos de agua.

En México el procedimiento de fragmentación, se igualmente se había practicado en el Lago de Pátzcuaro, en este caso la trituración se hacía por medio de un molino que se encontraba sobre una lancha, el cual era alimentado con el lirio extraído manualmente por los trabajadores. El producto se depositaba nuevamente en el agua (Chapa, 1976). Este control se abandonó por requerir alta demanda de mano de obra y por tener bajos rendimientos de operación.

Con la relativa rapidez de trituración que lograban las lanchas innovadas en el año de 1986, se demostró que era posible erradicar el lirio acuático, si su destrucción estaba por arriba de su tasa de reproducción. Aquí cabe señalar que a pesar de lo reportado, la mayor parte los fragmentos de lirio se hundían.

A partir de este procedimiento de control, se empezó a estudiar la cinética de crecimiento del lirio para relacionarlo especialmente con la capacidad de destrucción mecánica, para generar modelos matemáticos predictivos de su control.

Por lo anterior y con base en el conocimiento de la demografía del lirio, el IMTA, desarrolló modelos matemáticos que se espera sean extrapolables a todos los cuerpos de agua nacionales, lo que se permitiría establecer su correlación con el número de máquinas requeridas, tiempos de control y estimación de costos de operación (Romero, 1988 y 1989).

El desarrollo del programa de control de lirio se realiza conforme a los siguientes aspectos:

En el año de 1986 con el respaldo de mediciones e investigaciones se estableció como condición para controlar el lirio se tiene que lograr una destrucción del orden de 4,000 toneladas por día, con tiempos sostenidos de control (Romero *op. cit.*).

En la determinación de la cinética de crecimiento, se adecuaron y aplicaron las metodologías de medición de la densidad, cobertura (biomasa) y crecimiento del lirio (Gutiérrez, 1989).

Por revisión bibliográfica se establecieron los fundamentos teóricos del crecimiento del lirio y control, obteniéndose, el marco teórico de modelación, basado en el llamado modelo de crecimiento con restricción (Krebs, 1985) o logístico, desarrollado por Verhulst (Romero *op. cit.*), que se expresa por la siguiente ecuación.

$$\frac{dN}{dt} = rN - \frac{r}{k} N^2$$

Donde:

- r = Tasa de crecimiento (1/d o kg/-d)
- k = Carga máxima de desarrollo del lirio (kg/m²)
- N = Densidad del lirio (kg/m²)
- t = Tiempo en días o meses

A esta relación matemática se agrega un factor de extracción o de destrucción de lirio acuático, para expresarse de la forma siguiente:

$$\frac{dN}{dt} = rN - \frac{r}{k} N^2 - \frac{A}{h}$$

Donde:

- A = Área del cuerpo de agua infestada (ha)
- r = Tasa de crecimiento (1/d o kg/-d)
- k = Carga máxima de desarrollo del lirio (kg/m²)
- N = Densidad del lirio (kg/m²)
- t = Tiempo en días o meses
- h = Cantidad de lirio destruido por día (ton/día)

Con este modelo, se estableció un programa que simula el control mecánico del lirio, en el que se observa que bajo ciertas características de la cinética del lirio, la magnitud del problema y la capacidad de destrucción del mismo, se puede estimar el número de máquinas necesarias y además de calcular el tiempo para un control determinado.

Así se estableció la necesidad de formular una base de datos sobre la cinética del lirio en diferentes presas y lagos infestados. Se midieron densidad, crecimiento y biomasa total en presas con diferente localización y altitud.

Para el cálculo del número de máquinas y tiempo de control, se requiere del conocimiento de los siguientes parámetros: densidad inicial del lirio, rapidez de crecimiento, capacidad máxima de carga, incremento en tiempo, área del embalse infestada, biomasa total, capacidad de trituración o destrucción del lirio y tiempo de control.

Con base en los datos obtenidos para diferentes cuerpos de agua sobre la cinética del lirio, se estimó el número de máquinas que se requiere para el control de lirio, los costos y los tiempos de aplicación (Bravo, 1990).

2.6.3 Control Químico

Las sustancias químicas que matan, alteran o inhiben el crecimiento normal de las malezas, se conoce como herbicidas.

Para las malezas acuáticas los herbicidas básicamente se pueden clasificar por su función, modo de acción y naturaleza química (Viveros, 1990).

Por su función, los herbicidas pueden ser:

- a) No selectivos, destruyen todas las plantas sin distinción de especies;
- b) Selectivos, dañan en específico una especie, pero al mismo tiempo no afectan otra que se desea conservar por distintos intereses.

Por su modo de acción, los herbicidas pueden ser:

- a) De contacto, que al aplicarse sobre las plantas destruyen en forma total o parcial, las estructuras vegetales en contacto con el químico.
- b) De translocación o sistémicos, que se absorben por la planta, ejerciendo su acción tóxicas su interior.

Por su constitución química puede ser:

- a) Compuestos inorgánicos, generalmente formados por sales metálicas como: el arsenito de sodio, tetrabromato de sodio, clorato de sodio o nitrato de cobre.
- b) Compuestos orgánicos, de gran variedad, dentro de las cuales se tienen: los ácidos haloalifáticos, fenoxi y benzoicos, carbamatos, dinitroanilinas, acetanilidas, amino triazinas, sales cuaternarias de piridilos, uracilos y ureas.

El enorme impulso que en los años cuarenta se dio a la creación de herbicidas se debió sobre todo a la labor de la década anterior a ésta, ya que estuvo dedicada a estudios fisiológicos de hormonas vegetales y la respuesta de las plantas a los agentes químicos. El primer uso de productos orgánicos tuvo lugar en 1935, cuando Teuffant y Pastre inventaron en 1935 los nitrofenoles como herbicidas selectivos. En 1941 se dio a conocer el 2,4-D, las investigaciones determinaron que en cantidades pequeñas su acción era muy selectiva y sistemática. Las cantidades que se necesitaban prometían un medio de control muy barato. Con los herbicidas se busca abatir costos de maquinaria, mano de obra y medios más efectivos y para combatir las plantas nocivas. (NAS, 1980).

En 1965 se introdujeron al mercado los compuestos bipyridílicos Paraquat y Diquat que tienen la ventaja de ser menos persistente que el 2,4-D.

El control químico es adecuado cuando se quiere una rápida disminución de las poblaciones infestantes. El tipo de herbicida, la concentración y el período de aplicación dependerá específicamente de los tipos de malezas a combatir, sin embargo, su espectro es amplio, pudiendo controlar desde flotantes hasta emergentes, pasando por las sumergidas.

Los herbicidas reportados más comunes para el control de malezas acuáticas vasculares, son: acreolina, amitrol, arsenito sódico, endothal, dalapon, diclobenilo, diquat, 2,4-d, fenac, glifosato, terbutryne, silvex y simazine (Mulligan, 1971; NAS, 1980; Olvera y Díaz, 1984; Seagrave, 1988).

El uso reportado de estos herbicidas y las dosificaciones utilizadas son muy variables, por lo que se considera sean aplicados en condiciones particulares.

De la lista de herbicidas mencionados anteriormente, Escobar (s/a), agrega los compuestos paraquat y ureas, en el "Manual para el Control de Malezas Acuáticas". El documento, primero en su clase en México, fue elaborado para la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, siendo su finalidad, el de proporcionar información de referencia para el uso y seguridad de estos herbicidas. Es importante hacer notar que cuando se elaboró este manual, en el país no se contaba con un reglamento que regulara el uso de herbicidas acuáticos.

Por sus características químicas y su empleo con herbicidas, este autor conforme al grado de afectación en peces los divide en tóxicos y no tóxicos. Para los primeros se tiene: acreolina,

amitrol, arsenito sódico, endothal, simazine y ureas. Para los segundos se tiene a: 2,4-D, diquat, paraquat, dalapon, diclobenil, fenac y silvex.

Los herbicidas han sido clasificados de acuerdo a su toxicidad sobre la vida acuática, especialmente sobre los peces, apreciándose que en general los que tienen arsénico, azufre y cobre son tóxicos (Escobar, s/a).

La descripción de sus características y usos en el control de macrofitas acuáticas es el siguiente:

ENDOTHALL: Acido 3,6 Endoheahidroftalico

Este químico es el típico herbicida de contacto, y es ampliamente usado en el control de malezas sumergidas, se encuentra en el mercado, principalmente en forma de sales inorgánicas de sodio, potasio y aluminio en forma de amina.

Las sales en forma de amina del Endothall son de 2 a 3 veces más activas que las sales inorgánicas, pero también son de 200 a 400 veces más tóxicas a los peces.

En el caso de querer controlar a las malezas sumergidas, especialmente Hydrilla, con las sales de amina del endothall.

Las leyes federales de los Estados Unidos de Norteamérica prohíben el uso del Endothall en aguas potables en cualquiera de sus formas. Para poder usar las aguas tratadas en irrigación, consumo por los animales o recreación, es necesario esperar entre 14 y 25 días después del tratamiento, dependiendo de la sal y la concentración empleada.

El Endothall en agua, está prohibido en algunos países europeos debido a su toxicidad sobre los mamíferos.

ARSENITO DE SODIO: NaAsO_2

Este herbicida es eficiente en el control de plantas acuáticas sumergidas y flotantes, pero presenta una alta toxicidad a la fauna acuática y mamíferos, ya que con únicamente 0.02 gramos se llega a la dosis capaz de matar a un hombre. El uso de arsenito de sodio en un medio acuático es actualmente rechazado por la mayoría de los científicos de malezas acuáticas, debido a los peligros de toxicidad, tanto para el técnico que lo aplica como para la vida salvaje.

ACROLEINA: CH₂ = CH - CHO

La acroleína es un herbicida altamente tóxico a los peces, anfibios, gusanos y otros tipos de organismos de la fauna acuática en concentraciones aún bajas, por lo que su uso queda restringido a drenes y canales de riego donde no exista vida acuática significativa.

Este químico presenta una buena eficiencia en el control de algas y malezas sumergidas, aunque tiene muy poco efecto sobre las malezas emergentes, como el tule; en el caso de las flotantes se requiere de concentraciones muy altas.

AMITROL: 3 Amino - 1,2,4 - Triazole

En los Estados Unidos este químico se encuentra registrado para uso exclusivo en drenes y canales de riego y en Inglaterra ha sido prohibido en todo medio acuático.

Este herbicida ha sido usado ampliamente en el control de pastos y plantas emergentes en los canales de riego.

SIMAZINE: Triazina 2-Cloro-4,6 Bis (Etilamina)-S

El Simazine es un herbicida de la familia de las Triazinas, utilizado en el control de algunas malezas sumergidas, con un cierto ámbito de seguridad para los peces.

Este químico es fácilmente absorbido por las hojas de las plantas sumergidas y su principal efecto es la inhibición de la reacción de Hill (reacción que sucede en el proceso fotosintético). En el caso de las emergentes la aplicación debe ser en las raíces, a través de las cuales se incorpora al metabolismo de la planta; además, debido a su baja solubilidad se logra que la dispersión sea completa a través del estanque o lago con la ayuda de los movimientos naturales del agua.

Las aguas tratadas con Simazine sólo podrán ser usadas con propósitos de uso doméstico, irrigación o abrevadero después de 12 meses del tratamiento.

Westerdahl, *et. al.* (1988), como parte del Programa de Investigación del Control de Plantas Acuáticas, con sus siglas en inglés (APCRP), elaboró una guía para uso y manejo de herbicidas, de acuerdo al registro de los mismos por la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos, (USEPA). Estos son: acreolina, 2,4-D, dicamba, diclorobinilo, diquat, endothall, fluridon, glifosato y simazine. Estos compuestos de síntesis orgánica en su conjunto se recomiendan para el control de los tipos sumergidos, flotantes y emergentes.

Guzzy (1989), indica que los herbicidas para combatir plantas acuáticas más utilizados y autorizados para su comercialización en México, son: ameritrina, 2,4-D, dicamba, diurón, glifosato hexazinona, metribuzin, paraquat, simazina y terbutryn.

Es conveniente mencionar, que tomando en cuenta el año de publicación del trabajo citado, en el Diario Oficial de la Federación del 14 de marzo de 1988, sólo se menciona como herbicidas autorizados para su uso en el territorio nacional, pero sin especificar su aplicación para el control de malezas acuáticas al: 2,4-D, Diquat y Glifosato.

En su análisis de estos herbicidas, Guzzy (*op. cit.*), señala varios casos, el ingrediente activo es una sola sustancia, como en el caso del 2,4-D, glifosato, y metrizina. En otros la combinación de estos ingredientes le confieren al herbicida características propias, como en el caso del "gesatop" que se forma por la simazina y ametrina.

Las triacinas, los herbicidas del tipo fenoxi, los alifáticos y los derivados de las ureas y del ácido benzoico, por su acción sistémica en la planta la afectan fisiológicamente por bloqueo de la fotosíntesis.

El diquat del tipo bipirilo, se usa como desecante de contacto, que actúa en los tejidos verdes y por ende afecta la fotosíntesis.

Los plaguicidas por recomendación por la Vigésima Octava asamblea, de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se clasificaron de acuerdo a su peligrosidad, o categoría toxicológica, la cual es establecida por el fabricante. Se determina por medio de un valor estadístico conocido como dosis letal media (DL₅₀), que se calcula a partir de los miligramos del tóxico por kilogramo, de peso que se requiere matar el 50% de los animales de experimentación como: perros, ratas, aves o peces. Estos valores estadísticos se correlacionan con las dosis aguda oral DL₅₀, para humano adulto de talla mediana (Diario Oficial de la Federación, 1988 y 1990).

La escala convencional es de uno a cinco, donde el aumento de la unidad le corresponde a su toxicidad (Cuadro 2).

CUADRO 2

CATEGORÍA TOXICOLÓGICA PARA HERBICIDAS

TASA	CLASE	DL ₅₀ ORAL (MG/KG)	DOSIS PARA UN HOMBRE DE 80 KG
1	Extremadamente tóxico	menos de 5	menos de 7 gotas
2	Muy tóxico	de 5 a 49	hasta una cucharada
3	Moderadamente tóxico	de 50 a 499	hasta una onza
4	Ligeramente tóxico	de 500 a 4,999	hasta medio litro
5	Casi no tóxico	de 5,000 a 14,999	hasta 1 litro

La clasificación es paramétrica en cuanto a que permite establecer criterios para seleccionar el herbicida. A este respecto Guzzy (*op.cit.*) señala por ejemplo, que los herbicidas enlistados en su investigación, entre los muy tóxicos sólo se tiene la diquat. En la categoría

de moderados hay cuatro: 2,4-D, paraquat, glifosato y terbutryn. Los casi no tóxicos son siete: ametrina, dalapon, dicamba, diurón, hexazinona, metribuzin y simazine.

Sobre el uso de herbicidas en el país, una de las referencias que se tienen al respecto, es sobre la aplicación de controles en lirio acuático que realizó la Comisión Federal de Electricidad en diferentes embalses (Morazan, 1988).

En 1960 se hicieron pruebas de exterminio en seis hectáreas en el embarcadero del Lago de Chapala, Jal. La fórmula básica utilizada en estas pruebas consistió en una mezcla de 10 libras de S-TCA sódico 90%, 1.5 libras de 2,4-D 95% y 6 onzas de detergente por cada 100 galones de agua, aplicada mediante un equipo de aspersión instalado en una lancha. Se reporta que, la acción de los herbicidas aplicados fue muy efectiva pues destruyó totalmente la planta y no produjo ningún cambio notable en las características químicas del agua, ni en su contenido bacteriológico y planctónico.

En el año de 1974, durante el embalsamiento de la presa La Angostura, Chis., el río Grijalva trajo consigo el arrastre de malezas acuáticas hacia el vaso, por lo que se aplicó un programa de control de estas malezas. Se fumigaron con avioneta 11,704 hectáreas, con una mezcla de 3 litros de Diquat, 3 litros de Paraquat, 0.5 de litro de Agral 90, que es un fijador del herbicida, todo ello mezclado en 200 litros de agua. Los resultados del control se consideraron satisfactorios. En este mismo embalse se hicieron varias pruebas con los herbicidas diquat y paraquat y se llegó a la conclusión de que la mezcla que garantice los mejores resultados en la siguiente:

Diquat	3 litros
Paracuat	3 litros
Agral 90	0.5 litros
Agua	200 litros

La mezcla fue para fumigar 1 hectárea, estableciéndose así un método de control químico de malezas acuáticas adecuados a la zona y que se utilizaría hasta 1982.

En 1975, en este mismo Estado de Chiapas, el centro piscícola Benito Juárez y en el Río La Concordia, efectuaron experimentos con varios herbicidas. Se utilizaron sustancias tóxicas como: arseniato de sodio, clorato de sodio, tricloruro arsénico, ácidos minerales y sosa cáustica, esterón tenten, 2,4-D amina, Diquat y Paraquat (Morazan, *op.cit.*), indica que las sustancias eran muy tóxicas y afectaban tanto la flora como la fauna del lugar, por tanto, había que buscar un herbicida selectivo.

Sin embargo es importante señalar, que al respecto, no se hace referencia si esta toxicidad se debió a la mezcla de estas sustancias o su empleo por separado.

En la Laguna de Villahermosa, Tab., se logró el exterminio del lirio con la mezcla siguiente:

Detergente	1.0 kg.
Esteron 49	1.0 litro
Diesel	5.0 litros
Agua	200.0 litros

Los resultados fueron satisfactorios pero la mezcla es muy tóxica. Posteriormente se utilizó la mezcla de:

Diquat	3.0 litros
Paraquat	3.0 litros
Agral 90	0.5 litros
Agua	200.0 litros

Esta mezcla es suficiente para fumigar una hectárea. Se hicieron varias pruebas, menos concentradas y más concentradas, y se observó que en cantidades menores las plantas tardan más tiempo en morir y no es uniforme; en mayor concentración la planta muere más rápidamente pero causa hemorragias en los fumigadores y ardor en los ojos, por lo tanto la dosis antes descrita quedó como la más adecuada, ya que en un periodo de 10 días la maleza se va al fondo del vaso.

En la presa Endhó, Hgo., fue usado este tipo de control donde existe un 100% de lirio acuático con respecto al total de la superficie. Se usó el 2,4-D, desconociéndose los resultados (Olvera y Díaz, 1984).

La empresa denominada Metrópoli (Felix, 1988), reporta el uso de los herbicidas: Glifosato en la presa Guadalupe, Mex., dicuat y paraquat en la presa Tilostóc, Méx., y la mezcla de dicamba y glifosato en el Valle del Yaqui, Son. Sin embargo, no indica el alcance práctico de sus resultados.

Tomado en cuenta estas experiencias, el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua, en el año de 1989, señala que el control químico de malezas acuáticas y en especial para lirio acuático, no hay resultados satisfactorios, por lo que existe mucho riesgo ambiental en su aplicación (Gutiérrez, 1991).

Sin embargo a partir de 1992, se establecen las bases técnicas para el empleo de herbicidas, especialmente para el control de lirio acuático, recomendadas para su control, el 2,4-D amina, Diquat, y Glifosato (Gallagher, 1989), citado por Gutiérrez *et. al.* (1994).

Las características de estos herbicidas es la siguiente:

- ◆ 2,4-D

2,4-dicloro-fenoxia-etílico (2,4-D), es de los compuestos más representativos de los herbicidas fenoxiacéticos, el cual es el más utilizado en muchos países.

El 2,4-D por estar relacionado químicamente con la hormona del crecimiento como es ácido 3-indol-acético (auxina), es un herbicida de acción hormonal.

Sus propiedades herbicidas están relacionadas principalmente con el número y posición de los átomos de halógenos en la molécula.

Se absorbe por los tejidos y se transportan por la savia a velocidad muy elevada, (de 10 a 100 cm/h), donde llega a los sitios en los que el consumo de nutrimentos es mayor y es donde se ejerce su acción. Su eficiencia es óptima cuando la planta está en crecimiento activo, los efectos tóxicos que se manifiestan son: deformación, adelgazamiento, marchitez, clorosis, detención del crecimiento y muerte.

- ◆ Diquat

Herbicida de contacto, heterocíclico derivado bipyridílico. Por su constitución química, estos compuestos son cationes y sus productos comerciales son dibromuros.

Su actividad de contacto, se debe a la facilidad con la que se reducen para dar un radical libre que es estable y soluble en el agua.

Para su acción herbicida son esenciales la luz, el oxígeno y la clorofila.

El mecanismo requiere la formación de radicales libres por transferencia de electrones y que estos radicales se reoxiden en la planta para dar peróxidos, que son muy tóxicos para sus tejidos.

- ◆ Glifosato

Es un herbicida orgánico de tipo alifático de acción sistémica y no selectivo. El ingrediente activo, es el ácido glifosato (N-fosfonometil glicina). La parte ácida es glicina, aminoácido presente en las plantas y animales. Algunas veces el herbicida en su forma comercial o la sustancia activa está presente en la forma de sal isopropilamina de glifosato, para proporcionar mayor solubilidad al herbicida en agua.

La parte ácida de la molécula representa la única porción con actividad herbicida. La porción agregada para formar la sal no tiene actividad biológica.

El ingrediente activo, no tiene presión de vapor, lo que significa, que tiene una baja volatilidad. Es un herbicida sistémico, de amplio espectro, que penetra a las plantas únicamente a través de los tejidos fotosintéticos ya que se mueve con los productos elaborados de la planta en el floema, para llegar a otras partes de la planta incluso a las raíces.

Los síntomas de toxicidad se producen lentamente en algunas situaciones pueden llegar a manifestarse hasta después de los 40 días. Dentro de sus afectaciones, se reconoce el efecto sobre la síntesis de aminoácidos como la fenilalanina, así como en metabolismo de compuestos fenólicos, lo que se traduce en una reducción en la síntesis de proteínas que conduce a su muerte.

El glifosato se inactiva al contacto con partículas disueltas en el agua y en los sedimentos del cuerpos de agua. También se descompone por acción microbiana, dando como productos nitrógeno y fósforo.

Sobre el uso de este herbicida sistémico Gutiérrez (1993), evaluó sus efectos en diferentes densidades de lirio acuático, encontrando que en densidades de 10 a 30 kg/m² se encuentra afectación y hundimiento de lirio acuático al 100% a los 51 días, con dosis de 5 litros/ha. En densidades de 30 a 40 kg/m² se requirió adicionalmente hacer una segunda aplicación en concentraciones de 2 litros/ha para obtener los mismos resultados.

Con el uso de estos tres últimos herbicidas, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), desde 1992 controló el lirio acuático, por medios químicos en las presas Trigomil, Tacotán y Miraplanes en el estado de Jalisco; la presa Chiculi, en el estado de Sonora y la limpieza parcial de la presa Endhó, Hgo. y Laguna de Zumpango, Méx.

Las características, de estos agentes químicos se muestran en el Cuadro 3.

De los herbicidas de reciente promoción en México, se tiene el aminoácido fosfínico, conocido con el nombre común de Glufosinato de Amonio. Es un herbicida reportado como biodegradable, desarrollado a partir de un producto metabólico de la bacteria del suelo *Streptomyces* sp. de estructura muy parecida al aminoácido natural ácido glutámico.

Es un herbicida de contacto, que actúa penetrando al tejido verde e inhibe la acción de la enzima glutaminasa durante el proceso de la fotosíntesis, la cual se interrumpe, impidiendo la nutrición de la planta, además de que sufre autointoxicación a nivel celular por la acumulación de amoniaco.

Este compuesto orgánico, se clasifica como ligeramente tóxico, con una dosis letal media en rata macho de 2,000 mg/kg y rata hembra de 1,620 mg/kg (Química Hoechst, propaganda).

CUADRO 3

CARACTERÍSTICAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZAS ACUÁTICAS

CARACTERÍSTICAS	HERBICIDAS		
	GLIFOSATO	2,4-D AMINA	DIQUAT
Modo de Acción	sistémico	sistémico	de contacto
Selectividad	no selectivo	selectivo	no selectivo
Mecanismo tóxico	metabolismo del nitrógeno y actividad enzimática	desarrollo de los tejidos	fotosíntesis
Vida media en el agua (días)	14.0	3-30 a 7-48	1.0 a 7.0
Solubilidad en el agua (mg/l)	12,000	3 x 106	568
Nivel recomendado para agua potable (mg/l)	0.2	0.1	0.01
Toxicidad DL 50 (ratas) (mg/kg)	5,600	300 - 1,000	230
Restricciones al uso del agua (días)	sin restricciones, 800 metros de la obra de toma		
• Riego		21	14
• Agua potable		21	14
• Abrevadero		21	14
• Pesca		0	0
• Contacto primario		0	0
Ingesta diaria admisible (mg/kg/día)	3.5	0.3	0.008
Nivel equivalente para agua potable (NEPA) (mg/l)	105	9	0.24
Categoría toxicológica	ligero (IV)	moderado (III)	moderado (III)
DL50 aguda oral	2000	200 a 2000	200 a 2000
Dérmica (COP)	4000	400 a 4000	400 a 4000
Efecto (días)	2 a 4	2 a 4	1 a 2
Muerte (días)	20 a 30	14 a 21	7
Toxicidad agua en peces (mg/l)	4.2 a 16	25 a 458	5 a 140
Toxicidad aguda en invertebrados (mg/l)	5.3	1.8 a 4.9	1 a >100

Fuente: Gutiérrez L. E., et al., 1994.

En el control de malezas acuáticas y especialmente, para lirio acuático, se han efectuado aplicaciones a nivel experimental para probar su efectividad en: Laguna de Nixtaulapan, Ver., canales de Xochimilco, D.F., estanques de la Laguna de Yuriria, Gto., y el dique Mariquita, Sin.

Se indica que este herbicida es ventajoso para el control de lirio acuático, porque detiene su crecimiento e inhibe la reproducción, sin embargo la planta sigue flotando, por lo que se hace necesario su posterior extracción por medios mecánicos, por lo que se recomienda apoyado por el control integrado.

2.6.4 Control Biológico

La función de los enemigos naturales como: parásitos, depredadores y patógenos, en la disminución de una especie de macrofita vascular se conoce como control biológico.

En el control biológico, necesariamente se presenta una interacción entre poblaciones, en la cual una de ellas actúa como regulador de la otra. El objetivo del control no es la erradicación, sino la reducción a niveles manejables de la densidad de una población de hidrofítas.

La esencia de este método es aplicarlo principalmente contra hidrofítas exóticas, en las que su abundancia en gran parte se debe a que en su medio de desarrollo no cuentan con enemigos naturales, de aquí que se convierten en malezas.

En la selección de enemigos, se busca emplear organismos o agentes de alimentación especializada, para que en esta interacción el agente tenga un alimento único y la planta hospedera tenga reguladores específicos.

El control biológico se ha considerado conservadoramente debido a dos razones: a) la posibilidad de que los agentes introducidos puedan afectar a otras poblaciones animales o vegetales consideradas de valor comercial o ecológico, y b) que se obtengan resultados lentos a largo plazo que impidan la reducción de la plaga a controlar (De Bach, 1979).

El factor principal para la eficacia del control biológico es la introducción de un buen agente enemigo, las cualidades que deberá poseer para que sea considerado como un agente eficaz de control, incluyen:

- 1) Capacidad para destruir su reproducción.
- 2) Alta capacidad para defenderse con éxito.
- 3) Buena adaptación a la planta nociva huésped y a las condiciones del ambiente, en una máxima extensión de terreno infestado.
- 4) Capacidad reproductiva suficiente para que sin demasiado retardo, sobrepase el aumento de su planta huésped, cuando por cualquier motivo, el control se interrumpa, como es el caso que sobrevenga un estado desfavorable para la planta bajo control.

Los enemigos naturales de las malezas acuáticas se reportan gran diversidad de organismos, dentro de los grupos de vertebrados, artrópodos y organismos patógenos.

♦ *Control Biológico por Peces*

Dentro de la clase de los peces, como consumidores de diversas especies de plantas vasculares acuáticas se mencionan, como especies que muestran tener control potencial a los ciclidos como las Tilapias (*Tilapia* spp.), al bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), algunas carpas, entre las que se tiene: *Metynnis roosevelti*, *Mylossoms argenteun*, *Megalobrama amblycephala*, *Cyprinus carpio* y *Ctenopharingodon idella*. (Chapa, 1976; Lord, 1982; Seagrave, 1988; SEPESCA, 1988; Vera *et. al.*, 1980; Haigh, 1991).

En el país, sólo se tiene como antecedente de controlador de biológico específico de hidrofítas vasculares a la carpa herbívora (*Ctenopharingodon idella*). Especie introducida en México, a mediados de la década de los 60's, con fines de producción extensiva en los embalses del país (SEPESCA, 1988). La carpa herbívora, es originaria de Asia, la que se considera muy voraz por lo que puede ejercer un efecto regulador en el crecimiento de las poblaciones acuáticas, ya que éstas pueden ser su único alimento. Sin embargo el cipínido tiene fuertes preferencias, en cuanto a las especies de hidrofítas, incluso puede tener hábitos omnívoros, por lo no necesariamente actuará como regulador eficaz de una determina especie de macrofita vascular sujeta a control.

A este respecto, Romero (1988) menciona que la carpa herbívora muestra poca apetencia por el lirio acuático, por lo tanto el control biológico de esta maleza es muy limitado, para llegar a esta conclusión se basó en pruebas experimentales en las que utilizó peces de talla pequeña a los que alimentó 2 con 7 especies de macrofitas acuáticas, como son: *Hydrilla verticillata*, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton filiformis*, *Jussiaea* sp., *Mirriophyllum aquaticum*, *Lemna* sp. y *Eichhornia crassipes*, reportando que esta última planta fue precisamente la de menor preferencia.

Sobre la función que juega este organismo como biocontrolador, de diversas especies de macrofitas, Garduño (1983), evaluó la alimentación de crías mediante colocadas en jaulas flotantes en el Lago de Pátzcuaro empleando cuatro especies vegetales: *Potamogeton illinoensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes* y *Nitella mexicana*.

Los mejores crecimientos durante 176 días en los que se llevó a cabo la experimentación demostraron que se obtuvieron en orden de importancia con *Nitella mexicana*, seguida de *Potamogeton illinoensis*, *Eichhornia crassipes* y *Ceratophyllum demersum*.

Como biocontrolador específico de una maleza sumergida como es *Hydrilla verticillata*, la carpa herbívora fue introducida en la presa Rodrigo González (La Boca), Nuevo León, en el año de 1977. Sobre la supervivencia de esta especie y prever posibles cambios en el ecosistema por su desarrollo, así como para calcular el número de especímenes a introducir en la presa con fines de control, se efectuaron estudios, cuyos resultados demostraron que el

control de *Hydrilla* era factible con 5,000 peces por hectárea, para consumir en 10 meses un volumen de vegetación estimada en 1,870 toneladas (Díaz y Olvera, 1986).

En 1987, la carpa herbívora se introduce en el Distrito de Riego No. 14 Colorado, B.C., también como biocontrolador de hidrila en 60 kilómetros de canales infestados. En este caso cabe resaltar que se trataron de organismos triploides donados por el Gobierno de los Estados Unidos.

Esta especie por considerar que puede ser de utilidad en el control de la hidrila posteriormente se ha introducido en los Distritos de Riego: No. 26 Bajo Río San Juan y No. 25 Bajo Río Bravo, Tamaulipas, así como en el No. 86 Río Soto la Marina.

Debido a la importancia del problema que representa *Eichhornia crassipes* en muchos embalses del país, Vera (*op. cit.*) llevó a cabo en el año de 1970, un trabajo que se enfocó al estudio de las posibilidades del control de esta planta por medio de la carpa herbívora. De acuerdo a los resultados obtenidos, se indicó que la carpa puede consumir el lirio sólo en ausencia de otro tipo de vegetación.

♦ **Control Biológico por Insectos**

Los artrópodos especialmente los insectos, se les ha prestado mayor atención dentro de los cuales los que han demostrado eficiencia en el control biológico figuran especies de lepidópteros, hemípteros, coleópteros.

En cuanto al control biológico por artrópodos, las expectativas norteamericanas buscaron en América del Sur especialmente en Argentina, la fauna asociada al lirio acuático y otras malezas, tratando de encontrar los controladores naturales. En los estudios de fauna acompañante al lirio se encontraron 78 especies de insectos y ácaros (Chapa, 1976).

El ataque por insectos se prefiere porque puede provocar tanto efectos de depredación a la planta hospedera y al mismo tiempo pueden transmitir algún organismo patógeno que acelere la destrucción de la misma.

El número de controladores biológicos potenciales que se reportan a nivel mundial es extenso y dentro de éstos se encuentran 70 especies de artrópodos, los más conocidos, son: *Sameodes albipunctata*, *Orthogalumna terebrantis*, *Agasicles hygrophila*, *Cyrtobagous salvinae*, *Neohidonomus affinis*, *Eugaurax setigena*, *Paulinia acuminata*, *Orthogalumna terebrantis*, *Neochetina bruchi* y *Neochetina eichhorniae* (Lord, 1982).

Esta última especie es bien conocida en nuestro país con el nombre de escarabajo moteado, la cual proveniente de Florida, se introdujo al país en año de 1977, por ser un parásito específico del lirio acuático. Después de su aclimatación por dos años, se programaron las pruebas de especificidad, para después liberarse en forma experimental en un pequeño cuerpo de agua artificial de un campo de golf cerca del lago de Chapala (Romero, 1989). Sin

embargo los resultados encontrados no han demostraron hasta la fecha en forma categórica que esta especie sea un controlador adecuado para el lirio acuático.

♦ *Control por Patógenos*

Las malezas acuáticas especialmente las flotantes también pueden recibir daños de una gran diversidad de organismos patógenos microbianos, como son: virus y hongos. La facilidad de diseminación de un organismos patógeno eficiente su utilidad como agentes de control biológico.

Los organismos patógenos son diseminados por diversos medios que incluyen: viento, lluvia, salpicadura e insectos vectores.

La infección se puede producir en forma directa en la superficie de la planta hospedera, a través de aberturas naturales como estomas y lenticulas o a través de lesiones producidas por insectos. El ataque puede estar limitado a una parte o a unos tejidos especiales de la planta, o bien puede ser un ataque generalizado en toda la planta.

Con los organismos patógenos, se trata de infligir afectaciones a los hospederos, desde sus procesos vitales hasta la muerte de la planta o una parte de ella. En primera instancia se busca que su vigor pueda quedar tan disminuido que la planta no pueda competir con éxito con otras plantas, o que la producción sea tan baja que ya no se reproduzcan en forma desmedida.

El uso de hongos patógenos en un amplia revisión bibliografía Lord (1982), menciona que el agente más estudiado es *Cercospora rodmanii*, para infectar lirio acuático. Por la importancia que tiene esta maleza flotante, se mencionan además a los patógenos fúngicos: *Uredo eichhorniae*, *Uromyces pontederiae*, *Mycoleptodiscus terrestris*, *Cercospora piaropi*, *Rhizoctonia solani*, *Acremonium zonatum*, *Cephorosporium zonatum*, *Alternaria eichhorniae* y *Fusarium* sp.

La Universidad Nacional Autónoma de México, (1995), reporta investigaciones de para control de lirio acuático, con los hongos de los géneros: *Cylindrocladium* y *Bipolaris*, cepas recolectadas en el lago de Zumpango y presa Guadalupe.

Dentro de los hongos se menciona a *Cercospora rodmanii* y también como patógenos *Limnibium spongia* y *Fusarium* sp., para causar enfermedad a *Hydrilla verticillata*.

Dentro de los nemátodos se identifica la *Hichmanniella caudacrema*, como controlador de *Ceratophyllum demersum*, Gerber (1987).

Dentro de la clase mamíferos, Haigh (1991) indica que el manati (*Trichechus manatus*), se viene empleando desde mediados de siglo para el control de malezas emergentes, flotantes y sumergidas en canales y drenes de la Guyana Holandesa, donde particularmente se tiene

problemas con *Cabomba aquatica*, *Utricularia foliosa* y *Paspalum vergatum*. Los manatís en los canales de la Guyana además se les ha registrado comiendo: *Nelumbo speciosa*, *Paspalum renpes*, *Utricularia foliosa*, y *Luziola spruceana*, por lo que se recomienda se utilicen como biocontroladores en Centro America, Caribe y la parte oeste y central de Sudáfrica.

Las experiencias que se tienen en México sobre el manejo de éste de Sirénido, no han sido afortunadas, Esquinca *et al.* (1988), menciona que en el año de 1976, con el propósito de controlar lirio acuático en los canales de Xochimilco, se introdujeron cuatro parejas de manatís donada por el Gobierno del Estado de Chiapas, las cuales murieron por pulmonía causada por hipotermia.

3. OBJETIVOS

Considerando que la proliferación excesiva de poblaciones de macrofitas acuáticas vasculares, causan inconvenientes en el manejo y aprovechamiento óptimo de los recursos hidráulicos nacionales se plantean los siguientes objetivos:

- ◆ Establecer el Diagnóstico actualizado de la Presencia de Malezas Acuáticas en los Cuerpos de Agua Epic Continentales a Nivel Nacional.

- ◆ Determinar los Métodos Aplicables para su Control en el País.

4. METODOLOGIA

♦ *Procedimiento para el Diagnóstico de Malezas Acuáticas, en Embalses.*

Para esta actividad se basó en información obtenida por encuesta, por medio de la denominada Ficha de Registro del Inventario de Malezas Acuáticas, elaborada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la que se puede apreciar en la Figura 1.

Este formato se envió a cada una de las 32 Gerencias Estatales de la Comisión Nacional del Agua en el país, para que una vez llenada se remitiera e integrará el Banco de Información de Malezas Acuáticas.

La primera emisión y recopilación de fichas se realizó en el período 1989-1991, para el cual se efectuó un primer análisis de la información.

Se determinó que los datos de los formatos recabados en este lapso de tiempo, en muchos casos eran incorrectos, incompletos o faltantes; con la finalidad de ampliar, complementar y actualizar los datos del inventario, se efectuó una segunda integración información de los formatos fechados en el período 1992-1994, para su posterior análisis.

Para el Diagnóstico de Malezas Acuáticas se realizaron, visitas de campo, las cuales se efectuaron en los embalses y fechas siguientes:

- Laguna de Pátzcuaro, Mich., del 4 al 8 de junio de 1991
- Sistema Lagunario del Río Tamesí, Tamps., del 19 al 22 de julio de 1991
- Lago de Chapala, Jal., del 20 al 22 de octubre de 1991
- Laguna Zupitlán, Hgo., del 15 al 17 de enero de 1992
- Presa José A. Alzate, Méx. del 8 al 10 febrero de 1992
- Presa Endhó, Hgo., del 16 al 17 de marzo de 1992
- Presa Requena, Hgo. del 3 al 5 de mayo de 1992
- Lago de Chapala, Jal., del 18 al 20 enero de 1993
- Presa Solís, Gto., del 4 al 5 de marzo de 1993
- Presa Solís, Gto., del 5 al 7 de agosto de 1993
- Presa Solís, Gto., del 28 al 30 de octubre de 1993
- Presa Melchor Ocampo, Mich., del 28 al 30 de octubre de 1993
- Presa Valle de Bravo, Méx., 6 de abril de 1994
- Lago de Cuitzeo, Mich., del 12 al 14 de junio de 1994
- Laguna de Zumpango, Méx., del 01 al 02 de julio 1994
- Presa Valle de Bravo, Méx., del 17 al 18 de junio de 1994
- Presa San Miguel Regla, Hgo., del 16 al 17 de agosto de 1994
- Presa Valle de Bravo, Méx., del 3 al 4 de noviembre de 1994
- Lagunas de Zupitlán y San Miguel Regla, Hgo., 11 de febrero de 1994
- Presa Endhó y río Tula, Hgo., del 21 al 25 de febrero y del 9 al 11 de abril de 1994
- Laguna de San Miguel Almaya, Méx., del 14 al 15 de marzo de 1994
- Presa Endhó, Hgo. del 25 al 26 de agosto de 1994

FIGURA 1

INVENTARIO DE CUERPOS DE AGUA Y MALEZAS ACUÁTICAS

Datos Generales del Cuerpos de Agua

Tipo:			
Presa ()	Derivadora ()	Lago ()	Otro: _____
Nombre Oficial: _____		Nombre Local: _____	
Uso Actual: _____			
Responsable de la Operación: _____			
Fecha de Inicio de la Operación: _____			
Capacidad: _____		Superficie Inundada: _____	
Ubicación		Coordenadas	
Municipio: _____	Lat. N. _____	Long W. _____	
Corriente: _____		Cuenca: _____	
Altitud: _____		Región Hidrológica: _____	

Tipo de Tributario al Cuerpo de Agua

Aguas blancas	()	Aguas residuales municipales	()
Aguas de retorno agrícola	()	Aguas residuales industriales	()

Situación de las Poblaciones Vegetales Acuáticas

Formas presentes:			
Flotantes	()	Sumergidas	()
		Emergentes	()
En caso de existir uno o más tipos de malezas identificar:			
Nombre de la Planta Acuática		Grado de Infestación	
Lirio	_____ ()	_____	%
Tule	_____ ()	_____	%
Hidrila	_____ ()	_____	%
	_____ ()	_____	%

Fecha de Observación: _____

Comentarios: _____

Con la integración de la información, se determinó lo siguiente:

- Relación de fichas remitidas por Estado.
- Inventario de cuerpos de agua a nivel estatal con macrofitas acuáticas.
- Inventario nacional de cuerpos de agua con macrofitas acuáticas.
- Superficie infestada por malezas acuáticas a nivel estatal y nacional.

♦ ***Procedimiento para el Diagnóstico de Malezas Acuáticas en los Distritos de Riego.***

Para las Unidades de Riego del país, se efectuaron encuestas con personal adscrito a las mismos. La recopilación de la información se basó en un cuestionario que muestra en la Figura 2.

Con la integración de la información de las fichas, se determinó lo siguiente:

- Inventario de superficies regables, estatal y nacional.
- Inventario de canales y drenes a nivel nacional con macrofitas acuáticas.
- Inventario de canales y drenes con malezas acuáticas, a nivel estatal y nacional.

♦ ***Procedimiento para la Determinación y Aplicación de Algunos Métodos de Control de Malezas Acuáticas.***

Para los métodos físico, químico y biológico, se partió de la recopilación de información bibliográfica y documental, de cada uno de ellos.

Asimismo se desarrollaron actividades de campo tendientes a observar, aplicar y evaluar algunas de las formas de control de malezas acuáticas, las cuales se efectuaron en los lugares y fechas siguientes:

Control Físico

♦ ***Quema***

Este método se aplicó para cubiertas desecadas de lirio acuático de las presas Barraje de Ibarra y Melchor Ocampo, en el Estado de Michoacán, para la primera, el 17 de mayo y para la segunda el 31 de mayo de 1994, respectivamente.

Para la presa Barraje de Ibarra, se programó la incineración de 124 hectáreas de cubierta vegetal que quedaron retenidas en lecho del yaso al quedar sin agua por la época de estiaje.

Figura 2

Inventario de Malezas Acuáticas en Distritos de Riego

Datos Generales del Cuerpo de Agua

Estado:	_____	
Nombre y Número del Distrito:	_____	
Superficie bajo Riego (ha):	_____	
Longitud de la infraestructura:		% Revestido
Canales principales	_____ km	_____
Canales secundarios	_____ km	_____
Drenes	_____ km	_____
Fuente de Abastecimiento:	_____	
Sitio de Descarga:	_____	

Situación de las Poblaciones Vegetales Acuáticas

A tenido problemas de malezas acuáticas	(si)	(no)
Infraestructura afectada:		
Canales	_____ km	
Drenes	_____ km	
Tipo de malezas conocidas	_____	
Problemas causados	_____	
Equipo utilizado	_____	

Observaciones: _____

Para la segunda se trató de eliminar la masa vegetal que quedó retenida en las riberas del embalse, por el descenso de los niveles de agua, debido a la extracción de agua para fines de riego y por reducción de la captación de agua por la temporada seca del año.

Para la realización de la quema controlada, se pidió el apoyo de personal especializado en incendios de la Subdelegación Forestal del Estado de Michoacán de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

Las actividades de campo se desarrollaron con personal de una brigada contra incendios forestales compuesta por 9 elementos y un jefe de incendios, adscrita al Distrito de Desarrollo Rural 08, Zamora, Mich. El equipo especial con el que contó la brigada, consistió en 3 mecheros de goteo y un lanzallamas, los cuales utilizaron Diesel como combustible .

En la presa Barraje de Ibarra, con el jefe de brigada de incendios, se efectuó previamente un reconocimiento de campo para identificar y seleccionar las zonas idóneas para utilizarse como núcleos de propagación de fuego, para lo cual se tomó en cuenta fundamentalmente los mayores espesores apreciados de la capa vegetal seca. De acuerdo con esto, los trabajos se efectuaron en la parte norte del embalse, en 3 puntos que se ubicaron aproximadamente 900 m. de la obra de control.

En la presa Melchor Ocampo, se siguió un procedimiento similar al descrito anteriormente, localizándose 3 puntos, uno se ubicó en el enrocamiento de la cortina y los 2 restantes, uno en la margen derecha, y el otro en la izquierda, aproximadamente a 250 metros de la cortina.

Control Manual

Se realizaron observaciones de trabajos de campo al respecto en:

- Lagunas de Zupitlán y San Miguel Regla, Hgo., del 11 de febrero de 1994
- Laguna de San Miguel Almaya, Méx., del 14 al 15 de marzo de 1994

♦ **Maquinaria**

Parte de la información sobre el uso de maquinaria se obtuvo de las entrevistas con el personal de los Distritos de Riego.

Para los embalses, se realizaron observaciones en los siguientes embalses:

- Presa Rojo Gómez, Hgo., del 27 de mayo y 12 de junio de 1992
- Lago de Pátzcuaro, Mich., del 27 al 28 de octubre de 1992
- Laguna de Yuriria, Gto., del 28 al 29 de junio y del 28 al 29 de septiembre de 1994

Para la segunda se trató de eliminar la masa vegetal que quedó retenida en las riberas del embalse, por el descenso de los niveles de agua, debido a la extracción de agua para fines de riego y por reducción de la captación de agua por la temporada seca del año.

Para la realización de la quema controlada, se pidió el apoyo de personal especializado en incendios de la Subdelegación Forestal del Estado de Michoacán de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

Las actividades de campo se desarrollaron con personal de una brigada contra incendios forestales compuesta por 9 elementos y un jefe de incendios, adscrita al Distrito de Desarrollo Rural 08, Zamora, Mich. El equipo especial con el que contó la brigada, consistió en 3 mecheros de goteo y un lanzallamas, los cuales utilizaron Diesel como combustible .

En la presa Barraje de Ibarra, con el jefe de brigada de incendios, se efectuó previamente un reconocimiento de campo para identificar y seleccionar las zonas idóneas para utilizarse como núcleos de propagación de fuego, para lo cual se tomó en cuenta fundamentalmente los mayores espesores apreciados de la capa vegetal seca. De acuerdo con esto, los trabajos se efectuaron en la parte norte del embalse, en 3 puntos que se ubicaron aproximadamente 900 m. de la obra de control.

En la presa Melchor Ocampo, se siguió un procedimiento similar al descrito anteriormente, localizándose 3 puntos, uno se ubicó en el enrocamiento de la cortina y los 2 restantes, uno en la margen derecha, y el otro en la izquierda, aproximadamente a 250 metros de la cortina.

Control Manual

Se realizaron observaciones de trabajos de campo al respecto en:

- Lagunas de Zupitlán y San Miguel Regla, Hgo., del 11 de febrero de 1994
- Laguna de San Miguel Almaya, Méx., del 14 al 15 de marzo de 1994

♦ Maquinaria

Parte de la información sobre el uso de maquinaria se obtuvo de las entrevistas con el personal de los Distritos de Riego.

Para los embalses, se realizaron observaciones en los siguientes embalses:

- Presa Rojo Gómez, Hgo., del 27 de mayo y 12 de junio de 1992
- Lago de Pátzcuaro, Mich., del 27 al 28 de octubre de 1992
- Laguna de Yuriria, Gto., del 28 al 29 de junio y del 28 al 29 de septiembre de 1994

♦ *Control de Malezas por Embarcaciones*

En lo que respecta a las embarcaciones para el control de malezas acuáticas, la CNA desarrolló dos programas de control de lirio acuático, uno por cosecha y otro por trituración. El primero se aplicó en la presa Madín, Estado de México del 15 de julio al 20 de noviembre de 1994 y el segundo en la presa Endhó, en el Estado de Hidalgo del 11 de septiembre de 1994 al 15 de febrero de 1995.

La presa Madín, es un embalse que se utiliza fundamentalmente, para la dotación de agua potable a la zona conurbada del Estado de México. Se encuentra sobre el cauce del río Tlanepantla, la superficie media del embalse es de 80 hectáreas.

La presa Endhó, se localiza en el municipio de Tula, en el Estado de Hidalgo. Embalsa al río Tula y su uso es para riego. La superficie en espejo de agua es del orden de las 1,200 hectáreas.

Control Químico

Por este método de ataque de malezas acuáticas, la Comisión Nacional del Agua programó la fumigación aérea de las cubiertas de lirio acuático en tres embalses, los cuales fueron: Presa Solís, Gto., el 20 de noviembre de 1993; Presa Endhó, Hgo., el 26 de abril de 1994 y Laguna de Zumpango, Méx., el 17 de septiembre de 1994.

Para cada uno de estos embalses, se especificó: su ubicación geográfica, superficies vegetales a fumigar, tipo y dosificación de herbicidas y coadyuvantes, así como las acciones a supervisar en campo.

a) Especificaciones para el Control Químico.

Localización de las áreas de Control

• Presa Solís

Se ubica en el municipio de Acámbaro, en el Estado de Guanajuato. Se encuentra sobre el cauce del río Lerma y su uso es principalmente para riego. La superficie del embalse es del orden de las 6,500 hectáreas.

• Presa Endhó

Como se mencionó anteriormente, se localiza en el municipio de Tula, en el Estado de Hidalgo.

- **Laguna de Zumpango**

Se localiza en los municipios de Teoloyuca y Zumpango, en el Estado de México. Este embalse debe su capacidad de almacenamiento a la construcción de bordos perimetrales, el cual es alimentado por un colector artificial, el Canal Santo Tomás. La superficie del embalse es del orden de las 2,000 hectáreas.

b) Tipo y dosificaciones de Herbicidas

- **Presas Solís y Endhó**

Se utilizaron dos herbicidas, el 2,4-D amina como controlador sistémico para las superficies de lirio acuático y como marcador Diquat; de acuerdo al volumen de mezcla por hectárea es la siguiente:

8.5 litros de 2,4-D Amina
0.5 litros de surfactante no iónico D.A.P.
0.5 litros de microencapsulador Hidrix
200 litros de agua potable

8.0 litros de Diquat
0.5 litros de surfactante no iónico D.A.P.
0.5 litros de microencapsulador Hidrix
200 litros de agua potable

Las aplicaciones para la presa Solís se realizaron con 4 aviones, de los cuales 2 fueron Air-Tractor, modelo AT-301 y 2 Pawnee, que estuvieron trabajando simultáneamente para agilizar y optimizar la aplicación de herbicidas.

Para la presa Endhó por tener una superficie menor de atención, las aplicaciones se realizaron con 2 aviones, Air-Tractor, modelo AT-301.

- **Laguna de Zumpango**

Se utilizó únicamente el herbicida de contacto Diquat para las superficies de lirio acuático, de acuerdo al volumen de mezcla por hectárea siguiente:

8.0 lt. de Diquat
2.0 lt. de surfactante no iónico, Simple Green Crystal
200 litros de agua potable

Las aplicaciones se realizaron con 2 aviones Air-Tractor, modelo AT-301.

c) Equipo de Aplicación

Para todos los embalses el equipo de aplicación aérea consistió en lo siguiente:

- Aguilón con inclinación de 45° con respecto a la horizontal de las alas.
- Boquillas tipo abanico de 65° a 80° del N° 10. Traslape de 25% entre cada boquillas.

d) Procedimiento para la Preparación de la Mezcla y de Aspersión

Herbicida
agua
surfactante
microencapsulador
mezclar, y
completar con agua al volumen requerido (100%)
mezclar

El volumen de mezcla fue de 200 litros por hectárea, con una presión de 50 libras, la altura de vuelo entre el tapete de lirio y el avión para realizar la aspersión fue de 2 metros, el traslape entre bandas de aplicación fue del 20%.

Para el control químico, se efectuaron observaciones sobre la afectación de herbicidas en:

- Presa Endhó y Río Tula, Hgo. del 20 al 21 de junio de 1994
- Laguna de San Miguel Almaya, Méx. del 24 al 25 de mayo y del 16 de junio de 1994

Control Biológico

Se efectuaron reconocimientos de campo para determinar la presencia de escarabajo moteado en las riberas de los cuerpos de agua. El procedimiento seguido, consistió en verificar la presencia en plantas que evidenciaban signos de su comportamiento alimenticio. Una vez identificados los insectos se contaba su número en planta. Los lugares visitados fueron:

- Lago de Chapala, Jal. del 21 al 22 de noviembre de 1993.

Las observaciones se realizaron en la ribera noroeste, en los puntos: Chapala (poblado), Mezcala, Ocotlán y Jamay.

- Lagunas Colorada y Palo Verde y Presa El Ahogado, Jal., del 09 al 11 de febrero de 1994.

La Laguna Colorada, se ubica en el Municipio de Antonio Escobedo, en las coordenadas: 20° 45' 24" de latitud norte y 103° 45' 22" de longitud oeste. La superficie inundada es de 464 hectáreas.

La laguna Palo Verde, se ubica en el Municipio de Etzatlán, en las coordenadas: 20° 46' 38" de latitud norte y 104° 05' 58" de longitud oeste. La superficie inundada es de 233 hectáreas.

La presa El Ahogado, se ubica en el Municipio de El Salto, en las coordenadas: 20° 30' 37" de latitud norte y 103° 15' 08" de longitud oeste. La superficie inundada es de 842 hectáreas.

- Cuenca baja de río Lerma, 14 de junio de 1994.

El punto de observación se ubicó en las inmediaciones del poblado de Cumuato, Mich, en un sitio próximo a su confluencia con el lago de Chapala.

- Río Lerma, 20 de febrero de 1995.

El punto de observación se ubicó en las inmediaciones del poblado de La Piedad, Gto.

- Ciénega de Chapala, en drenes del Distrito de Riego 061, durante el 22 de febrero de 1995.

El punto de observación se ubicó en las inmediaciones del poblado de El Capulín, Mich.

- Río Zula, 24 de febrero de 1995.

El punto de observación se ubicó próximo al poblado de San Martín de Zula, Jal.

◆ ***Análisis y Proceso de la Información, para los Métodos de Control de Malezas Acuáticas***

Para cada uno de los métodos de control, se determinó lo siguiente:

- Formas de control aplicadas a nivel nacional.
- Equipos mecánicos de control utilizados.
- Procedimientos de control químico.
- Situación del control biológico.

5. RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de Malezas Acuáticas

◆ Embalses

Durante el período 1989-1991, los Estados que remitieron fichas del inventario fueron un total de 20, como se muestra en el Cuadro 4.

Los Estados que no enviaron información fueron: Baja California, Baja California Sur, Campeche, Guerrero, Hidalgo, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.

Cabe señalar que de los Estados de la Península de Yucatán., no se esperaba obtener información del inventario, ya que por sus condiciones hidrológicas y geomorfológicas imperantes, prácticamente no tienen escurrimientos superficiales y por ende cuerpos de agua de magnitud importante.

El número total de fichas del inventario recibidas durante este período fueron de 503, como se muestra en el Cuadro 4.

De este total, 486 correspondieron fundamentalmente a cuerpos de agua como: presas y lagos. En 17 de los formatos se reportaron: manantiales, ríos, drenes, esteros, lagunas costeras y lagunas de oxidación, que se excluyeron del análisis, por tener características diferentes a los cuerpos de agua solicitados en la ficha de inventario.

Cuantificar el número de fichas, se consideró relevante porque es equivalente al número de cuerpos de agua observados para el establecimiento del inventario y el diagnóstico del malezas en este período.

De esta manera, los Estados que mayor número de formatos enviaron fueron 5, estos son: Nayarit con 77, Jalisco con 59, Aguascalientes con 47, Durango con 44, Sinaloa con 42.

Los embalses en los que se indica presencia de plantas acuáticas son 169, con porcentajes de superficie cubierta del 10 al 100 por ciento.

Con la integración de los resultados por Estado se estimó una superficie total cubierta por macrofitas de 27,028.25 hectáreas (Cuadro 5).

De este total, 23,514.6 hectáreas correspondieron a lirio acuático, 2,432.5 hectáreas para Tule y 1,081.4 hectáreas para macrofitas sumergidas y otras, lo que significó el 87.9 y 4 por ciento, respectivamente.

Michoacán fue el Estado que registró la mayor superficie con 11,268.58 hectáreas, lo que representó el 41.7 por ciento del total nacional. En orden de importancia le siguen: Guanajuato con 7,356.54 hectáreas, Tamaulipas con 4,131.75 hectáreas y Sinaloa con 2,291.80 hectáreas, que corresponde al 27.7, 15.2, 8.4, por ciento respectivamente. Estos cuatro Estados integran una superficie de maleza acuáticas de 25,048,67 hectáreas, lo que representa el 93 por ciento con respecto al total nacional (Cuadro 5).

Para el período 1992-1994, los Estados que recopilaban información fueron 23, como se puede ver en Cuadro 4.

En esta ocasión las entidades federativas como: Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán, manifestaron no tener problemas de malezas acuáticas, por lo que no remitieron cuestionarios. Los Estados de Baja California Sur, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo y México, no llenaron formularios, por lo que para los tres últimos, la información se actualizó con visitas y reportes de campo. Los Estados de Michoacán y Tamaulipas, actualizaron sus inventarios por lo que sólo recopilaron datos relativos a embalses anteriormente no reportados.

El número total de fichas del inventario recibidas durante este período fueron de 622, como se muestra en el Cuadro 4.

Los estados que registraron el mayor número de fichas fueron: Durango 85, Nayarit 64, Tabasco 54, Sinaloa 53 y Aguascalientes con 46.

Tomando en cuenta los reportes de este período y únicamente complementando con la información del anterior, los embalses en los que se indica presencia de malezas acuáticas son 268 (Cuadro 6).

Con la integración de los resultados estatales se estimó una superficie inundada de 358,876.96 hectáreas y una superficie total ocupada por macrofitas acuáticas de 69,182.33 hectáreas, cifra que representa con respecto a la primera el 19.27 por ciento (Cuadro 6).

Los porcentajes de cubiertas por macrofitas vasculares van del 1 hasta el 100 por ciento, siendo las de con mayor frecuencia de aparición, en orden de importancia: lirio, tule e hidrila (Cuadro 7).

Jalisco es el Estado que registra la mayor superficie afectada con 25,044.26 hectáreas, en orden de importancia le siguen: Michoacán, con 16,993.60, Tamaulipas con 6,546.49, Sinaloa con 4,352.98 y Guanajuato con 3,545.87, hectáreas. La suma de las superficies cubiertas por estos 5 Estados es de 56,483.20 hectáreas, lo que representa el 81.6 por ciento del total nacional (Cuadro 8).

Si se toma en cuenta los cuerpos de agua, que tienen superficies cubiertas por macrofitas acuáticas mayor o igual a 500 hectáreas, se tienen 24 de ellos, que integran un total de 57,127.87 hectáreas, que representa el 82.8 por ciento de total nacional. El 17.2 por ciento

restante de superficie cubierta por macrofitas acuáticas está contenida en 242 cuerpos de agua, es decir, en 90.9 por ciento de los embalses inventariados, como se puede apreciar en el Cuadro 9.

De estos cuerpos de agua, los dos lagos del centro de país que son Chapala y Cuitzeo, que integran una superficie ocupada por malezas acuáticas de 32,850 hectáreas, que representa el 47.5 por ciento con respecto a la superficie total por macrofitas acuáticas.

En el lago de Chapala se estiman 18,000 hectáreas de lirio acuático y 3,000 de tule. Para el lago de Cuitzeo se estima 6,000 hectáreas de cola de caballo, 5,000 hectáreas de tule y 850 hectáreas de lirio acuático.

◆ *Distritos de Riego*

Se inventariaron el total de los Distritos que operan en la República Mexicana que son 77. La superficie que tienen bajo riego es de 3,082,944 hectáreas, que atienden con una infraestructura hidráulica de 49,974 kilómetros de canales y 30,061 de drenes. Estas cifras con el número asignado a cada distrito se puede observar en el Cuadro 10.

Sobre la afectación a la infraestructura por malezas acuáticas, el kilometraje de canales se estima en 9,820.6, lo que representa el 19.65 por ciento con respecto al total nacional de longitud de canales.

Las malezas acuáticas registradas en canales son variadas en orden de importancia se tiene: cola de caballo (*Potamogeton* sp.), hidrila (*Hydrilla verticillata*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), cola de zorro (*Ceratophyllum* sp.), tule (*Typha* spp.), pasto o zacate pará (*Paspalum* sp.).

En los drenes, la afectación por malezas acuáticas es 14,520 kilómetros, lo que representa, el 48.3 por ciento con respecto al total nacional. La maleza predominante fue tule, la cual se reporta frecuentemente combinada con lirio acuático. Otras de las malezas registradas fueron: pasto o zacate pará, carrizo (*Phragmites australis*), hidrila y cola de caballo.

Del total de los Distritos inventariados, 45 de ellos registraron en sus canales malezas acuáticas. Considerando a los tres primeros con mayor kilometraje afectado se tiene: al 014 Río Colorado, con 2,329 kilómetros de malezas sumergidas, lo que representó el 80 por ciento de su infraestructura y el 4.6 por ciento, con relación al total de la longitud canales del país. Le siguen en orden de importancia, el 097 Lázaro Cárdenas, con 770 kilómetros con lirio y zacate pará, que representa el 60 y 1.5 por ciento de su infraestructura y del total de canales construidos en la República, respectivamente. El 075 Río Fuerte con 650 kilómetros afectados con cola de caballo y lirio que representa el 28.51 y 1.3 por ciento de su infraestructura y del total nacional, como se muestra en el Cuadro 11.

Sin embargo a nivel de Unidades de Riego, los Distritos con afectación del 100 de su infraestructura son: el 105 Nexpa y 104 Cuajinicuilapa con 149 y 100 kilómetros de canales respectivamente, (Cuadro 11).

Los restantes 32 Distritos debido fundamentalmente, por el diseño de sus canales, muchos de ellos de escasa plantilla, por derivar agua suministrada por pozos profundos, así como por labores de mantenimiento entre otras causas, no registraron la malezas acuáticas.

Con respecto a los sistemas de drenaje, de las 77 Unidades de Riego, 49 registraron problemas por malezas acuáticas. En esta ocasión también considerando a los tres primeros con mayor kilometraje de afectación en el país, se tiene en primer lugar al Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, con 3,064.9 kilómetros, lo que representó el 80.97 por ciento de su infraestructura y el 10.2 por ciento con relación a la longitud total de drenes construidos en estas unidades de producción nacional, como se puede observar en el Cuadro 12.

Le siguen en orden de importancia, 075 Río Fuerte, con 1,300 kilómetros que representa el 49.70 y 4.3 por ciento de su infraestructura y del total de la red construida en los Distritos, respectivamente. El 014 Río Colorado presenta 1,012.2 kilómetros que corresponden al 60.0 y 3.36 por ciento de su infraestructura y del total de drenes en las unidades bajo riego (ver Cuadro 12).

Los Distritos con afectación al 100 por ciento de su infraestructura de este tipo son: el 104 Cuajinicuilapa, 095 Atoyac, 028 Tulancingo, 105 Nexpa, 008 Metztlán; que corresponde a un kilometraje de 103.8, 74.8, 25.4, 25.0 y 8.0, respectivamente. Con afectación al 90 por ciento se tiene al 38 Río Mayo, con 728.3 kilómetros y al 019 Tehuantepec, con 493.1 kilómetros (ver Cuadro 12).

En los 28 Distritos restantes, 11 de ellos no cuentan con sistemas de drenaje, por lo que evidentemente no registran presencia de malezas. Es conveniente señalar que los distritos de los Estados de Chihuahua y Coahuila, principalmente por fuertes problemas de sequía, no reportaron malezas en sus drenes. Los otros distritos por labores de conservación de su infraestructura, no reportaron problemas por malezas.

CUADRO 4

**RELACIÓN DE FICHAS REMITIDAS POR ESTADO
(PERÍODOS 1989-1991 Y 1992-1994)**

ESTADO	NÚMERO DE FICHAS POR PERÍODO	
	1989-1991	1992-1994
1. Aguascalientes	47	46
2. Baja California	---	3
3. Baja California Sur	---	---
4. Campeche	---	6
5. Coahuila	31	---
6. Colima	2	7
7. Chiapas	6	6
8. Chihuahua	16	18
9. Durango	44	85
10. Guanajuato	11	---
11. Guerrero	---	16
12. Hidalgo	---	---
13. Jalisco	59	35
14. México	14	---
15. Michoacán	21	30
16. Morelos	6	---
17. Nayarit	77	64
18. Nuevo León	3	2
19. Oaxaca	6	---
20. Puebla	---	25
21. Querétaro	30	33
22. Quintana Roo	---	3
23. San Luis Potosí	5	36
24. Sinaloa	42	53
25. Sonora	8	41
26. Tabasco	---	54
27. Tamaulipas	24	17
28. Tlaxcala	---	21
29. Veracruz	---	16
30. Yucatán	---	---
31. Zacatecas	51	5
Total	503	622

CUADRO 5

**RELACIÓN DE EMBALSES Y SUPERFICIES AFECTADAS POR MALEZAS ACUÁTICAS
(PERÍODO 1989-1991)**

ESTADO	EMBALSES CON MALEZAS ACUÁTICAS	SUPERFICIE INFESTADA (HA)
1. Aguascalientes	3	125.22
2. Baja California	---	---
3. Baja California Sur	---	---
4. Campeche	---	---
5. Coahuila	3	107.50
6. Colima	2	414.05
7. Chiapas	1	---
8. Chihuahua	1	0.40
9. Durango	3	42.00
10. Guanajuato	11	7,356.54
11. Guerrero	---	---
12. Hidalgo	---	---
13. Jalisco	12	941.40
14. México	4	---
15. Michoacán	21	11,268.58
16. Morelos	4	69.30
17. Nayarit	64	134.25
18. Nuevo León	---	---
19. Oaxaca	3	---
20. Puebla	---	---
21. Querétaro	10	128.10
22. Quintana Roo	---	---
23. San Luis Potosí	2	1.00
24. Sinaloa	5	2,291.80
25. Sonora	---	---
26. Tabasco	---	---
27. Tamaulipas	18	4,131.75
28. Tlaxcala	---	---
29. Veracruz	---	---
30. Yucatán	---	---
31. Zacatecas	2	16.36
Total	169	27,028.25

CUADRO 6**NÚMERO DE CUERPOS DE AGUA Y SUPERFICIE INFESTADA CON
MALEZAS ACUÁTICAS**

ESTADO	CUERPOS DE AGUA	SUPERFICIE INFESTADA (HA)
1. Aguascalientes	2	125.40
2. Campeche	3	1,687.00
3. Coahuila	1	84.00
4. Colima	3	26.60
5. Chihuahua	1	4.00
6. Durango	6	899.27
7. Guanajuato	10	3,543.87
8. Guerrero	2	64.06
9. Hidalgo	5	369.60
10. Jalisco	27	25,034.26
11. México	17	2,700.40
12. Michoacán	21	16,993.60
13. Morelos	2	17.80
14. Nayarit	61	277.46
15. Nuevo León	1	1.79
16. Oaxaca	3	
17. Puebla	16	1,461.95
18. Querétaro	5	482.60
19. San Luis Potosí	6	21.00
20. Sinaloa	25	4,352.98
21. Sonora	1	6.00
22. Tabasco	12	1,090.30
23. Tamaulipas	21	6,546.49
24. Tlaxcala	1	48.25
25. Veracruz	8	3,332.13
26. Zacatecas	8	13.02
Total	268	69,182.33

CUADRO 7

INVENTARIO NACIONAL DE CUERPOS DE AGUA CON MALEZAS ACUÁTICAS
(PERÍODO 1992-1994)

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN
Aguascalientes	El Niágara	283.50	lirio	113.40	40.0
	Media Luna	20.00	lirio	12.00	60.0
	<i>Subtotal</i>	<i>303.50</i>		<i>125.40</i>	
Campeche	Silvituc	625.00	carrizo	187.00	30.0
	El Vapor	2,500.00	lirio	500.00	20.0
	Del Este	5,000.00	lirio	1,000.00	20.0
	<i>Subtotal</i>	<i>8,125.00</i>		<i>1,687.00</i>	
Coahuila	El Tullillo	420.00	tule	84.00	20.0
	<i>Subtotal</i>	<i>420.00</i>		<i>84.00</i>	
Colima	Laguna de Amela	1,180.15	lirio, carrizo	23.60	2.0
	Laguna de Los Hachotes	100.00	lirio	3.00	3.0
	Laguna San Pedrito		tule		1.0
	<i>Subtotal</i>	<i>1,280.15</i>		<i>26.60</i>	
Chihuahua	Lago Jacales	20.00	tule	4.00	20.0
	<i>Subtotal</i>	<i>20.00</i>		<i>4.00</i>	
Durango	Laguna Santiaguillo	17,015.00	tule	850.75	5.0
	San Bartolo	1,061.00	tule	42.52	4.0
	La Ferreria	20.00	tule	6.00	30.0
	Francisco Villa		tule, lirio		10.0
	Carlos Real		lirio, tule		30.0
	El Arenal		tule		3.0
	<i>Subtotal</i>	<i>18,098.00</i>		<i>899.27</i>	
Guanajuato	Laguna de Yiriria	6,600.00	lirio, tule, carrizo	1,300.00	19.7
	Solís	6,500.00	lirio	1,500.00	23.0
	Ignacio Allende	3,588.00	lirio, tule	358.80	10.0
	La Purísima	686.00	lirio, tule	144.06	21.0
	Barrial	594.00	lirio	65.34	11.0
	Peñuelitas	505.00	lirio, tule	55.55	11.0
	El Palote	253.80	lirio, tule	50.76	20.0
	Mariano Abasolo	208.30	lirio, tule	41.66	20.0
	Polrerillos	120.00	lirio, tule	15.60	13.0
	El Cubo	121.00	lirio	12.10	10.0
	<i>Subtotal</i>	<i>19,176.10</i>		<i>3,548.87</i>	
Guerrero	La Calera	680.00	lirio	34.00	5.0
	Revolución Mexicana	1,503.00	lirio	30.06	2.0
	<i>Subtotal</i>	<i>2,183.00</i>		<i>64.06</i>	
Hidalgo	Rojo Gómez	350.00	lirio	350.00	100.0
	Laguna Zupillán	85.00	tule, lirio	10.00	11.8
	San Miguel Regla	90.00	lirio	4.50	5.0
	Endhó	1,200.00	lirio	3.60	0.3
	El Salto	1.50		1.50	
<i>Subtotal</i>	<i>1,726.50</i>		<i>369.6</i>		

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INESTIMADA (HA)	PORCENTAJE DE INESTIMACIÓN
Jalisco	Lago de Chapala	110,000.00	lirio, tule	21,000.00	19.0
	Santa Rosa	1,035.00	lirio	1,035.00	100.0
	Laguna Zapotlán	1,100.00	lirio, tule	990.00	90.0
	El Ahogado	841.00	lirio	736.90	90.0
	Laguna Colorada	646.00	lirio	278.40	60.0
	El Trigo	433.00	lirio	261.00	60.0
	El Salto	1,003.00	lirio	130.73	13.0
	Ing. Vicente Villaseñor	423.00	lirio	101.52	24.0
	Laguna Palo Verde	233.40	lirio, tule	93.36	40.0
	Osoorio	130.00	lirio, tule	78.00	60.0
	Coima	86.20	lirio	60.34	70.0
	Agua Prieta	40.00	lirio1, tule	40.00	100.0
	Coatepec	108.50	lirio	32.55	30.0
	Bellavista	40.00	lirio	32.00	80.0
	San José de la Saucedá	82.80	lirio	24.84	30.0
	San Agustín	30.00	lechuga de agua, tula	19.50	65.0
	Tlacuache	16.00	lirio, tule	16.00	100.0
	Chila	20.70	lirio	12.42	60.0
	San Nicolás	18.70	lirio	11.22	60.0
	Trigomil	970.00	lirio	9.70	1.0
	Hurtado	581.00	lirio	5.81	1.0
	Sta. Cruz de la Soledad	28.60	lirio	5.72	20.0
	El Llano	57.00	lirio	5.70	10.0
	Laguna Cajetillán	1,694.00	lirio	5.08	0.3
	La Vega	1,920.00	lirio	3.04	0.2
	Tacotán	525.00	lirio	3.15	0.6
	Miraplanes	73.00	lirio, tule	1.46	2.0
	<i>Subtotal</i>	<i>121,957.90</i>		<i>25,034.26</i>	
México	Lago de Zumpango	2,000.00	lirio, <i>Limnobium</i>	1,500.00	75.0
	José A. Alzate	1,500.00	lirio, lenteja de agua	1,030.00	70.0
	Ignacio Ramírez	850.00	lirio, pinillo	136.00	16.0
	Valle de Bravo	1,300.00	lirio	10.40	0.8
	San Miguel Almaya	20.00	lirio	4.00	20.0
	El Mortero		lirio, lenteja de agua		20.0
	Cuendo		pinillo		
	San Fernando		lenteja de agua		
	La Mesa		pinillo		
	Tepetitlán	942.00	lenteja de agua		
	La Victoria		pinillo		
	El Toril		pinillo		
	León Guzmán	8.40	pinillo		
	Embajomuy	40.0	lenteja de agua, pinillo		
	La Tinaja		lirio		
	El Maguay	10.00	lirio		
El Arbol	15.00	lirio			
	<i>Subtotal</i>	<i>6,685.40</i>		<i>2,700.40</i>	
Michoacán	Lago de Cuitzeo	39,344.00	cola de caballo y de zorro, tule, carrizo, lirio	11,850.00	30.0
	Lago de Pátzcuaro	11,872.23	lirio, tule, <i>Polamogeton</i>	1,780.83	15.0
	Melchor Ocampo	2,095.07	lirio	1,047.54	50.0
	San Antonio Guaracha	1,160.00	lirio, tule, lenteja de agua	464.00	40.0
	Barraje de Ibarra	500.00	lirio	450.00	90.0
	Gonzalo	546.30	lirio	218.52	40.0
	San Juanuco	1,244.00	lirio	200.28	16.1
	Copándaro	352.30	lirio	193.77	55.0
	Aristeo Mercado	963.00	lirio	192.60	20.0
	Malpais	650.00	tule, lirio	169.00	26.0
	Urepetiro	296.00	lirio	133.20	45.0
	Jaripo	170.00	lirio, lenteja de agua, tule	85.00	50.0
	Los Angeles	550.00	lirio	55.00	10.0

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN
Michoacán	Cupatitzio	90.00	lirio	41.40	46.0
	La Cofradía	185.00	lirio	40.70	22.0
	Tarecuato	65.30	lirio, tule, lenteja de agua	39.18	60.0
	Laguna de Zirahuén	1,109.00	Potamogeton	11.09	1.0
	La Mintzila	17.10	tule, lirio, lenteja de agua	10.26	60.0
	Pucuató	204.00	lenteja de agua	6.12	3.0
	Zicuirán	380.00	lirio	3.80	1.0
	Los Olivos	130.00	lirio	1.30	1.0
	<i>Subtotal</i>	<i>62,123.30</i>		<i>16,993.60</i>	
Morelos	Quilamula	22.50	lirio	9.00	40.0
	Cruz Pintada	11.00	lirio	8.80	80.0
	<i>Subtotal</i>	<i>33.5</i>		<i>17.80</i>	
Nayarit	Mora	68.00	lirio	34.00	50.0
	Fco. Severo Maldonado	155.00	lirio, tule	31.00	20.0
	Laguna de San Pedro	132.00	lirio, tule	26.40	20.0
	El Bordo	78.00	lirio, tule	23.40	30.0
	El Zapote	38.00	lirio, tule	15.20	40.0
	Laguna La Redonda	72.00	lirio, tule	14.40	20.0
	El Arrozal	65.00	lirio, tule	13.00	20.0
	El Zapote	38.00	lirio, tule	9.50	25.0
	Los Otates	25.42	lirio, tulo	7.63	30.0
	Cuyullán	36.20	lirio	7.24	20.0
	Los Barritos	16.00	lirio	6.40	40.0
	Los Fresnos	11.00	lirio	5.50	50.0
	El Cajón	18.00	lirio	5.40	30.0
	Lázaro Cárdenas	22.40	lirio	4.48	20.0
	Los Pozitos	20.20	lirio	4.04	20.0
	Mexpán	10.00	lirio, hidrila	4.00	40.0
	Las Agujas	13.00	lirio	3.90	30.0
	Ojo de Agua de Tarco	9.15	lirio	3.66	40.0
	Cerro Verde	11.30	lirio	3.39	30.0
	Las Lajitas	11.00	lirio	3.30	30.0
	El Vigía	16.20	lirio	3.24	20.0
	Laguna La Punta	8.10	tule, lenteja de agua	2.84	35.0
	El Chiquero	28.00	lirio	2.80	10.0
	Potrero Grande	8.20	lirio	2.46	30.0
	Achota	6.00	tule	2.40	40.0
	El Paredón	11.30	lirio, tule	2.26	20.0
	El Coyote	7.50	lirio	2.25	30.0
	Las Higueras	10.60	lirio, tule	2.12	20.0
	La Ciénega	5.30	lirio	2.12	40.0
	La Soledad	5.20	lirio	2.08	40.0
	La Soledad	8.60	lirio	1.72	20.0
	La Esperanza	8.50	lirio, tule	1.70	20.0
	La Haciendita	16.20	lirio	1.62	10.0
	La Cañada	16.00	lirio	1.60	10.0
	Las Cebollas	7.70	lirio, tule	1.54	20.0
	Pantano Grande	7.00	lirio	1.40	20.0
	Ruiz	4.55	lirio	1.37	30.0
	El Jagüey	4.00	lirio	1.20	30.0
	Rancho López	6.00	lirio	1.20	20.0
	Los Tecolotes	3.51	lirio, tule	1.06	30.0
	El Huamantla	3.50	lirio, tule	1.05	30.0
	Las Higueras	10.00	lirio	1.00	10.0
Juan Perat	4.60	lirio	0.92	20.0	
San Juan	9.00	lirio	0.90	10.0	
Los Sajones	8.20	lirio	0.82	10.0	
Los Tepehuajes	3.80	lirio	0.76	20.0	
La Galinda	7.30	lirio	0.73	10.0	
La Loma	6.20	lirio	0.62	10.0	
El Limoncito	12.30	lirio	0.62	5.0	

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN	
Nayarit	Rancho Grande	6.10	lirio	0.61	10.0	
	Puerto La Parra	3.00	lirio, tule	0.60	20.0	
	El Mortero	3.00	lirio	0.60	20.0	
	Los Petriles	2.00	lirio, tule	0.60	30.0	
	La Nana	2.70	lirio	0.54	20.0	
	Piedra Gorda	5.00	lirio	0.50	10.0	
	Charco de Arriba	4.10	lirio	0.41	10.0	
	La Bajada	1.20	lirio	0.36	30.0	
	Los Mezcales	3.20	lirio	0.32	10.0	
	El Marismeño	3.10	lirio	0.31	10.0	
	El Arpal	2.40	lirio, tule	0.24	10.0	
	San Aparicio	1.50	lirio	0.15	10.0	
		<i>Subtotal</i>	<i>1,140.36</i>		<i>277.46</i>	
Nuevo León	Ing. José S. Noriega	895.00	tule	1.79	0.2	
	<i>Subtotal</i>	<i>895.00</i>		<i>1.79</i>		
Oaxaca	Pte. Miguel Alemán	47,700.00	lirio (poco apreciable)			
	Benito Juárez	7,845.00	lirio (poco apreciable)			
	Yosocuta	307.30	lirio (poco apreciable)			
	<i>Subtotal</i>	<i>55,852.30</i>				
Puebla	Manuel Avila Camacho	1,960.00	lirio, tule, cola de caballo	980.00	50.0	
	Totolcingo	1,404.00	tule, hidrila, oreja de ratón sagitaria	421.20	30.0	
	San Juan Epatlán	54.00	lirio, tule, carrizo	29.70	55.0	
	Nexapa	150.00	lirio	15.00	10.0	
	L. de Chignahuapan	6.00	lirio, hidrila, cola de caballo, najas, lenteja de agua	3.60	60.0	
	Tenango	341.00	lirio	3.41	1.0	
	Las Minas o Preciosa	40.00	lirio, tule	2.00	5.0	
	Necaxa	189.40	lirio	1.89	1.0	
	Atexcac	40.00	tule	1.60	4.0	
	Aljojuca	25.00	lirio	1.25	5.0	
	Quechulac	50.00	tule	0.50	1.0	
	San Bernabé El Grande	25.00	lirio	0.50	2.0	
	Laguna Patlanalán	36.00	lirio	0.36	1.0	
	Tecuilapa	35.00	lenteja de agua	0.35	1.0	
	Ajolotla	34.00	tule	0.34	1.0	
	Cuatleotulco	5.00	lirio	0.25	5.0	
		<i>Subtotal</i>	<i>4,394.40</i>		<i>1,461.95</i>	
	Querétaro	San Idelfonso	325.00	lirio	97.50	30.0
		Alfredo B. Bonfil	50.00	lirio, tule	45.00	90.0
El Carmen		58.00	lirio	11.60	20.0	
El Centenario		205.00	lirio, tule	184.50	90.0	
La Llave		180.00	lirio	144.00	80.0	
	<i>Subtotal</i>	<i>818.00</i>		<i>482.60</i>		
San Luis Potosí	Ing. Valentín Gama	50.00	lirio	15.00	30.0	
	San José	50.00	lirio	5.00	10.0	
	San Francisco	5.00	tule	1.00	20.0	
	Manantial Ojo Caliente		lirio		60.0	
	Cañada de Yáñez		lirio		100.0	
	Ing. Mariano Moctezuma		lirio		20.0	
	<i>Subtotal</i>	<i>105.00</i>		<i>21.00</i>		

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN
Sinaloa	Sanalona	3,900.00	lirio	1,950.00	50.0
	Adolfo López Mateos	11,320.00	lirio	1,358.40	12.0
	Dique Mariquita	492.00	lirio	393.60	80.0
	Ing. Aurelio Benassini	3,090.00	lirio	185.40	6.0
	Dique Batanote	125.00	lirio	125.00	100.0
	Acatita	83.20	lirio	74.88	90.0
	Dique Arroyo Prieto	42.33	lirio	42.33	100.0
	Dique Cacahila	40.00	lirio	36.00	90.0
	Dique Santa Rosa	73.00	lirio	32.12	44.0
	Dique Aeropuerto	156.52	lirio	31.30	20.0
	Palos Amarillos	30.00	lirio	27.00	90.0
	Dique No. 2	22.00	lirio	22.00	100.0
	Deriv. Cerro Bola	110.00	lirio	17.60	16.0
	Ing. Andrew Weiss	53.00	lirio	15.90	30.0
	Dique Norote	24.00	lirio	12.00	50.0
	Dique Casa Viejas	24.00	lirio	9.60	40.0
	San Lorenzo	50.00	lirio	5.00	10.0
	Ing. Carlos Carbajal	45.00	lirio	4.50	10.0
	Dique Los Patos	7.00	lirio	4.20	60.0
	Dique Hilda	12.20	lirio	2.44	20.0
	Deriv. Santa Rosa	3.00	lirio	2.10	70.0
	Dique El Guamuchil	2.30	lirio	1.15	50.0
	Dique Agua Fria	8.50	lirio	0.34	4.0
Dique No. 1	6.00	lirio	0.12	2.0	
Deriv. Sinaloa de Leyva			lirio		20.0
	<i>Subtotal</i>	<i>19,719.05</i>		<i>4,352.98</i>	
Sonora	Vaso de Homos	30.00	lirio	6.00	20.0
	<i>Subtotal</i>	<i>30.00</i>		<i>6.00</i>	
Tabasco	L. Horizonte	750.00	lirio, tule	375.00	50.0
	L. Si Señor	190.00	lirio, tule	133.00	70.0
	L. Chifladero	260.00	lirio, tule	130.00	50.0
	L. Los Caballos	180.00	lirio, tule	136.00	70.0
	L. El Trocón	170.00	lirio, tule	93.50	55.0
	L. El Negro	75.00	tule, lirio	75.00	100.0
	L. Aduana	65.00	lirio	65.00	100.0
	L. La Negrita	60.00	lirio, tule	42.00	70.0
	L. El Espejo	34.00	lirio, tule	34.00	100.0
	L. La Choca	12.00	tule	12.00	100.0
	L. Covadonga	6.00	lirio	4.80	80.0
	L. EL Porvenir		lirio, tule		80.0
		<i>Subtotal</i>	<i>1,802.00</i>		<i>1,090.30</i>
Tamaulipas	Emilio Portes Gil	2,623.00	hidrila, <i>Potamogeton</i> , tule	1,836.10	70.0
	Laguna de Chairal	1,428.00	lirio, tule hidrila	828.24	58.0
	Vicent Guerrero	1,900.00	hidrila	570.00	30.0
	Laguna La Nacha	5,000.00	tule, <i>Cyperus</i>	500.00	10.0
	Est. Ramiro Caballero	2,500.00	tule, hidrila	500.00	20.0
	Lavaderos	700.00	hidrila	350.00	50.0
	República Española	1,142.00	hidrila	342.60	30.0
	Laguna Anda La Piedra	3,100.00	tule <i>Scirpus</i>	310.00	10.0
	Pedro J. Méndez	302.00	hidrila, lirio	271.80	90.0
	Venustiano Carranza II	332.00	hidrila	265.60	80.0
	Real de Borbón	385.50	hidrila	231.30	60.0
	La Escondida	288.00	hidrila	201.60	70.0
	Santa Engracia	250.00	hidrila	200.00	80.0
	La Patria es Primero	250.00	hidrila	100.00	40.0
	José R. Gutiérrez de Lara	186.50	tule	18.65	10.0
	La Gloria	51.00	tule	5.10	10.0
	Laguna El Laguito	50.00	tule	5.00	10.0
	El Laguito	50.00	tule	5.00	10.0

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA (*)	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN
Tamaulipas	La Loba	40.00	<i>Nymphaoides</i>	4.00	10.0
	El Cubilete	5.00	<i>Elodea</i>	1.50	30.0
	Saca del Agua		lirio, hidrila		50.0
	<i>Subtotal</i>	<i>20,578.00</i>		<i>6,546.49</i>	
Tlaxcala	San José Atlanga	965.00	tule	48.25	5.0
	<i>Subtotal</i>	<i>965.00</i>		<i>48.25</i>	
Veracruz	Laguna de Catemaco	7,835.00	lirio, tule, pistia	1,958.75	25.0
	Laguna Ma. Lizamba	1,000.00	lirio	500.00	50.0
	Laguna Chalpa	500.00	lirio	375.00	75.0
	Laguna Las Piedras	600.00	lirio	360.00	60.0
	Laguna del Castillo	260.00	<i>Nymphaoides</i> , lirio, tule	104.00	40.0
	Laguna de Tarimoya	170.00	tule, lirio	34.00	20.0
	Laguna Encantada	2.50	lirio, <i>Salvinia</i>	0.38	15.0
	José Evaristo Molina		<i>Nymphaoides</i> , lirio, tule		15.0
	<i>Subtotal</i>	<i>10,367.50</i>		<i>3,332.13</i>	
	Zacatecas	Deriv. Tierra Blanca	11.0	lirio, tule	2.73
Deriv. Junta de Ríos		12.00	lirio, tule	2.40	20.0
Deriv. de Botas		11.00	lirio, tule	2.20	20.0
Deriv. Rancho Nuevo		12.00	lirio, tule	1.80	15.0
Deriv. Agua Blanca		8.00	lirio, tule	1.60	20.0
Deriv. Tlaltenango		8.00	lirio, tule	1.20	15.0
Deriv. Loma Colorada		9.00	tule	0.72	8.0
Deriv. Buenavista		7.00	tule	0.35	5.0
<i>Subtotal</i>		<i>78.00</i>		<i>13.02</i>	
TOTAL	268 CUERPOS DE AGUA	358,876.96		69,182.23	

(*) Los nombre se indican de acuerdo a los reportes de campo.

CUADRO 8**SUPERFICIE INFESTADA CON MALEZAS ACUÁTICAS
POR ESTADO Y EN ORDEN DE IMPORTANCIA**

ESTADO	CUERPOS DE AGUA	SUPERFICIE INFESTADA (HA)
Jalisco	27	25,034.26
Michoacán	21	16,993.60
Tamaulipas	21	6,546.49
Sinaloa	25	4,352.98
Guanajuato	10	3,543.87
Veracruz	8	3,332.13
México	17	2,700.40
Campeche	3	1,687.00
Puebla	16	1,461.95
Tabasco	12	1,090.30
Durango	6	899.27
Querétaro	5	482.60
Hidalgo	5	369.60
Nayarit	61	277.46
Aguascalientes	2	125.20
Coahuila	1	84.00
Guerrero	2	64.06
Tlaxcala	1	48.25
Colima	3	26.60
San Luis Potosí	6	21.00
Morelos	2	17.80
Zacatecas	8	13.02
Sonora	1	6.00
Chihuahua	1	4.00
Nuevo León	1	1.79
Oaxaca	3	
Total	268	69,182.33

CUADRO 9

CUERPOS DE AGUA CON MAYOR SUPERFICIE DE INFESTACIÓN CON MALEZAS ACUÁTICAS EN EL TERRITORIO NACIONAL

ESTADO	CUERPO DE AGUA	SUPERFICIE INUNDADA (HA)	TIPO DE MALEZA	SUPERFICIE INFESTADA (HA)	PORCENTAJE DE INFESTACIÓN
Jalisco	Lago de Chapala	110,000.00	lirio, tule	21,000.00	19.0
Michoacán	Lago de Cuitzeo	39,544.00	lirio	11,850.00	30.0
Veracruz	Laguna de Catemaco	7,835.00	lirio, tule, pistia	1,958.75	25.0
Sinaloa	Sanalona	3,900.00	lirio	1,950.00	50.0
Tamaulipas	Emilio Pórtes Gil	2,623.00	hidrila, <i>Potamogeton</i> , tule	1,836.10	70.0
Michoacán	Lago de Pátzcuaro	11,872.23	lirio, tule, <i>Potamogeton</i>	1,780.83	15.0
México	Laguna de Zumpango	2,000.00	lirio, <i>Limnobium</i> sp.	1,500.00	75.0
Guanajuato	Solis	6,500.00	lirio	1,500.00	23.0
Sinaloa	Adolfo López Mateos	11,320.00	lirio	1,358.40	12.0
Guanajuato	Laguna de Yuriria	6,600.00	lirio, tule, carrizo	2,046.00	31.0
México	José A. Alzate	1,500.00	lirio, lenteja de agua	1,050.00	70.0
Michoacán	Melchor Ocampo	2,095.07	lirio	1,047.54	50.0
Jalisco	Santa Rosa	1,035.00	lirio	1,035.00	100.0
Jalisco	Laguna Zapotlán	1,100.00	lirio, tule	990.00	90.0
Puebla	Manuel Avila Camacho	1,960.00	lirio, tule, cola de caballo	980.00	50.0
Durango	Laguna Santiaguillo	17,015.00	tule	850.75	5.0
Tamaulipas	Laguna de Chairel	1,428.00	lirio, tule, hidrila	828.24	58.0
Jalisco	El Ahogado	841.00	lirio	756.90	90.0
Tamaulipas	Laguna La Nacha	5,000.00	tule, <i>Cyperus</i> sp.	500.00	10.0
Tamaulipas	Estudiante Ramiro Caballero	2,500.00	tule, hidrila	500.00	20.0
Veracruz	Laguna Ma. Lizamba	1,000.00	lirio	500.00	50.0
Total	21 Cuerpos de agua	237,668.30		55,072.51	

CUADRO 10

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD AFECTADA EN CANALES Y DRENES POR MALEZAS ACUÁTICAS

DISTRITOS DE RIEGO	ESTADO	SUPERFICIE REGABLE (HA)	LONGITUD TOTAL DE CANALES (KM)	CANALES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	LONGITUD TOTAL DE DRENES (KM)	DRENES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS
				(KM)	(%)			(KM)	(%)	
001	Pabelón	AGS	11,879	131.5	3.0	2.28	tule	0.0	0.0	0.0
003	Tula	HGO.	45,214	575.5	26.0	4.51	lirio, cola de caballo	100.9	15.0	14.86
004	Don Martín	N.L.	29,605	756.6	11.3	1.49	tule	499.0	399.2	80.00
005	Ciudad Delicias	CHIH.	75,200	1,200.0	0.0	0.00		1,100.0	770.0	70.00
006	Palestina	COAH.	12,751	304.3	0.0	0.00	lirio eventual	28.1	0.0	0.00
008	Metztlán	HGO.	4,986	134.6	0.0	0.00		8.0	8.0	100.00
009	Ciudad Juárez	CHIH.	22,500	459.0	137.7	30.00	tule	354.3	248.0	70.00
010	Culiacán-Humaya-San Lorenzo	SIN.	272,807	3,868.2	606.0	15.66	lirio	3,406.5	3,064.9	89.97
011	Alto Río Lerma	GTO.	111,960	1,658.0	80.0	4.82	lirio, tule	1,156.0	65.0	5.60
013	Edo. de Jalisco	JAL.	54,000	759.0	303.6	40.00	cola de caballo, lirio, tule	584.6	350.7	60.00
014	Río Colorado	SON-B.C.	207,000	2,900.0	2,320.0	80.00	Potamogeton, Ceratophyllum, hidrila	1,687.0	1,012.2	60.00
016	Edo. de Morelos	MOR.	35,654	1,074.0	96.3	8.90	cola de caballo, lirio	0.0	0.0	0.00
017	Región Lagunera	COAH-DGO.	89,200	2,432.0	0.0	0.00		33.9	0.0	0.00
018	Colonias Yaquis	SON.	22,635	307.0	20.0	6.51	cola de caballo, lirio	235.0	188.0	80.00
019	Tehuantepec	OAX.	43,516	701.0	490.7	70.00	tule, lirio	547.9	493.1	90.00
020	Morelia	MICH.	19,460	288.0	43.2	15.00	lirio, tule	391.4	195.7	50.00
023	San Juan del Río	MOR.	11,048	186.4	7.0	3.75	lirio, tule	90.6	5.0	5.52
024	Ciénega de Chapala	MICH.	45,901	414.5	331.6	80.00	lirio, tule	639.1	511.3	80.00
025	Bajo Río Bravo	TAMPS.	200,000	2,350.0	200.0	8.51	cola de caballo	3,500.0	250.0	7.14
026	Bajo Río San Juan	TAMPS.	76,529	1,074.2	135.0	12.56	hidrila	1,229.7	500.0	40.66
028	Tulancingo	HGO.	960	31.9	0.0	0.00		25.4	25.4	100.00
029	Xicotincatl	TAMPS.	24,754	623.1	196.0	31.45	cola de caballo, hidrila	306.3	153.0	50.00
030	Valsequillo	PUE.	33,820	332.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00
031	Las Lajas	N.L.	3,850	48.2	4.8	9.95	cola de caballo	19.9	4.0	20.00
033	Edo. de México	MEX.	17,425	348.0	0.0	0.00		179.3	0.0	0.00
034	Edo. de Zacatecas	ZAC.	18,060	392.6	0.0	0.00		36.1	0.0	0.00
035	La Antigua	VER.	18,228	419.4	40.0	9.53	zacate para	232.3	116.2	50.00
037	Altar-Pitiquito-Caborca	SON.	56,958	2,050.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00
038	Río Mayo	SON.	95,829	1,256.7	377.0	29.99	lirio, tule, cola de caballo	809.2	728.3	90.00
041	Río Yaqui	SON.	218,000	3,270.0	0.0	0.00		2,350.9	940.4	40.00
042	San Buenaventura	CHIH.	7,718	262.0	0.0	0.00		60.0	0.0	0.00
043	Edo. de Nayarit	NAY.	43,689	565.2	294.8	52.15	pasto para	362.6	0.0	0.00
044	Jilotepéc	MEX.	5,507	171.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00
045	Tuxpan	MICH.	19,919	357.3	0.0	0.00		104.3	0.0	0.00
046	Cacahoatán	CHIS.	5,895	114.6	0.0	0.00		110.3	66.2	60.00
048	Ticul	YUC.	9,379	206.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00
049	Río Verde	S.L.P.	5,195	38.0	0.0	0.00		47.0	0.0	0.00
051	Costa Hermosillo	SON.	66,296	3,500.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00
052	Edo. de Durango	DGO.	19,198	324.0	129.1	39.84	Potamogeton, tule	172.0	123.8	72.00
053	Edo. de Colima	COL.	25,120	177.4	0.0	0.00		248.7	0.0	0.00

CUADRO 10

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD AFECTADA EN CANALES Y DRENES POR MALEZAS ACUÁTICAS

DISTRITOS DE RIEGO	ESTADO	SUPERFICIE REGABLE (HA)	LONGITUD TOTAL DE CANALES (KM)	CANALES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	LONGITUD TOTAL DE DRENES (KM)	DRENES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	
				(KM)	(%)			(KM)	(%)		
056	Atoyac-Zahuapán	TLAX.	4,216	157.6	35.1	22.30	lirio	157.0	109.9	70.00	lirio, tule, cola de caballo
057	Amaco-Cutzamala	GRO.	35,580	835.9	41.8	5.00	tule, lirio	91.9	0.0	0.00	
059	Río Blanco	CHIS.	8,020	164.0	45.0	27.43	tule	140.0	40.0	28.57	tule
061	Zamora	MICH.	17,984	274.4	109.7	40.00	lirio	234.4	117.2	50.00	lirio
063	Guasave	SIN.	103,800	1,093.2	218.6	19.99	lirio	1,240.5	434.2	35.00	tule
066	Santo Domingo	B.C. SUR	38,101	660.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
068	Tepeacoacuilco-Queschultenango	GRO.	7,651	149.6	0.0	0.00		88.4	0.0	0.00	
073	La Concepción	MEX.	956	58.4	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
074	Mecorito	SIN.	41,500	421.3	105.3	25.00	tule	395.5	276.9	70.00	tule
075	Río Fuerte	SIN.	236,231	2,279.7	650.0	28.51	cola de caballo, lirio	2,614.0	1,300.0	49.70	tule, carrizillo, lirio
076	Valle del Carrizo	SIN.	43,259	513.2	102.6	20.00	tule	541.9	352.2	65.00	tule
081	Edo. de Campeche	CAMP.	17,209	47.0	0.0	0.00		120.0	0.0	0.00	
082	Río Blanco	VER.	14,134	329.1	197.5	60.00	zacate para	146.8	73.4	49.99	lirio, zacate para
083	Papigochic	CHIH.	5,500	87.2	65.1	74.65	lirio, tule	24.2	5.3	21.87	lirio, tule
084	Guaymas	SON.	14,409	0.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
085	La Begoña	GTO.	12,389	164.6	0.0	0.00		155.4	25.0	16.08	lirio, tule
086	Soto La Marina	TAMPS.	35,514	690.0	157.2	22.78	hidrila	689.9	58.8	8.52	tule, zacate para
087	Rosario Mezquite	MICH-JAL.	63,034	477.8	213.1	44.60	cola de zorra, lirio	659.8	465.4	70.50	lirio, tule
088	Chiconautla	MEX.	4,398	159.0	0.0	0.00		7.6	0.0	0.00	
089	El Carmen	CHIH.	3,000	145.2	0.0	0.00		207.1	0.0	0.00	
090	Bajo Río Conchos	CHIH.	6,513	230.0	107.7	46.82	tule	177.0	16.7	9.43	tule
092	Río Pánuco	TAMPS.	48,000	672.0	470.4	70.00	tule	401.0	200.5	50.00	tule
093	Tomatlán	JAL.	23,000	460.0	128.8	28.00	pasto para	179.0	125.3	70.00	tule, lirio
094	Jalisco Sur	JAL.	15,000	287.0	213.0	74.21	lirio, cola de caballo	252.0	156.0	61.90	tule, zacate para
095	Atoyac	GRO.	4,430	130.0	0.0	0.00		74.8	74.8	100.00	lirio
096	Arroyo Zarco	MEX.	18,866	289.0	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
097	Lázaro Cárdenas	MICH.	65,000	1,284.0	770.4	60.00	lirio, zacate para	205.8	144.0	70.00	lirio
098	José María Morelos	MICH.	12,400	176.0	0.0	0.00		20.0	0.0	0.00	tule, lirio eventual
099	Oquitupan La Magdalena	MICH.	5,121	57.5	17.2	30.00	lirio, tule	111.6	44.7	40.00	lirio, tule
100	Alfajayucan	HGO.	32,462	571.0	20.0	3.50	lirio, cola de caballo	13.0	2.0	15.38	lirio, cola de caballo
101	Cuxtepeques	CHIS.	4,315	132.6	15.0	11.31	lirio, tule	52.0	30.0	57.69	lirio, tule
102	Río Hondo	Q. ROO	8,013	46.6	0.0	0.00		0.0	0.0	0.00	
103	Río Florido	CHIH.	7,080	169.0	0.0	0.00		59.1	0.0	0.00	
104	Cuajinicuilapa	GRO.	6,554	100.0	100.0	100.0	lirio	103.8	103.8	100.00	tule
105	Nexpa	GRO.	3,060	149.0	149.0	100.0	lirio	25.0	25.0	100.00	lirio, tule
107	San Gregorio	CHIS.	6,600	175.4	35.0	19.95	tule	59.3	42.0	70.88	tule
108	Elota-Pixtla	SIN.	22,000	276.5	0.0	0.00		157.3	63.0	40.00	tule
TOTAL			3,062,944	49,974.0	9,820.6			30,061.0	14,520.0		

CUADRO 11

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD DE CANALES AFECTADOS POR MALEZAS ACUÁTICAS

DISTRITOS DE RIEGO	ESTADO	SUPERFICIE REGABLE (HA)	LONGITUD TOTAL DE CANALES (KM)	CANALES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	
				(KM)	(%)		
014	Rio Colorado	SON-B.C.	207,000	2,900.0	2,320.0	80.00	<i>Potamogeton, Ceratophyllum, hidrila</i>
097	Lázaro Cárdenas	MICH.	65,000	1,284.0	770.4	60.00	lirio, zacate para
075	Rio Fuerte	SIN.	236,231	2,279.7	650.0	28.51	cola de caballo, lirio
010	Culiacan-Humaya-San Lorenzo	SIN.	272,807	3,868.2	606.0	15.66	lirio
019	Tehuantepec	OAX.	43,516	701.0	490.7	70.00	tule, lirio
092	Rio Pánuco	TAMPS.	48,000	672.0	470.4	70.00	tule
038	Rio Mayo	SON.	95,829	1,256.7	377.0	29.99	lirio, tule, cola de caballo
024	Ciénega de Chapala	MICH.	45,901	414.5	331.6	80.00	lirio, tule
013	Edo. de Jalisco	JAL.	54,000	759.0	303.6	40.00	cola de caballo, lirio, tule
043	Edo. de Nayarit	NAY.	43,689	565.2	294.8	52.15	pasto para
063	Guasave	SIN.	103,800	1,093.2	218.6	19.99	lirio
087	Rosario Mezquite	MICH-JAL.	63,034	477.8	213.1	44.60	cola de zorra, lirio
094	Jalisco Sur	JAL.	15,000	287.0	213.0	74.21	lirio, cola de caballo
025	Bajo Rio Bravo	TAMPS.	200,000	2,350.0	200.0	8.51	cola de caballo
082	Rio Blanco	VER.	14,134	329.1	197.5	60.00	zacate para
029	Nicoténcatl	TAMPS.	24,754	623.1	196.0	31.45	cola de caballo, hidrila
086	Soto La Marina	TAMPS.	35,514	690.0	157.2	22.78	hidrila
105	Nexpa	GRO.	3,060	149.0	149.0	100.0	lirio
009	Ciudad Juárez	CHIH.	22,500	459.0	137.7	30.00	tule
026	Bajo Rio San Juan	TAMPS.	76,529	1,074.2	135.0	12.56	hidrila
052	Edo. de Durango	DGO.	19,198	324.0	129.1	39.84	<i>Potamogeton, tule</i>
093	Tomatlán	JAL.	23,000	460.0	128.8	28.00	pasto para
061	Zamora	MICH.	17,984	274.4	109.7	40.00	lirio
090	Bajo Rio Conchos	CHIH.	6,513	230.0	107.7	46.82	tule
074	Mocorito	SIN.	41,500	421.3	105.3	25.00	tule
076	Valle del Carrizo	SIN.	43,259	513.2	102.6	20.00	tule
104	Cuajinicuilapa	GRO.	6,554	100.0	100.0	100.0	lirio
016	Edo. de Morelos	MOR.	35,654	1,074.0	96.3	8.90	cola de caballo, lirio
011	Alto Rio Lerma	GTO.	111,960	1,658.0	80.0	4.82	lirio, tule
083	Papigochic	CHIH.	5,500	87.2	65.1	74.65	lirio, tule
059	Rio Blanco	CHIS.	8,020	164.0	45.0	27.43	tule
020	Morelia	MICH.	19,460	288.0	43.2	15.00	lirio, tule
057	Amuco-Cutzamala	GRO.	35,580	835.9	41.8	5.00	tule, lirio
035	La Antigua	VER.	18,228	419.4	40.0	9.53	zacate para
056	Atzac-Zahuapán	TLAX.	4,216	157.6	35.1	22.30	lirio
107	San Gregorio	CHIS.	6,600	175.4	35.0	19.95	tule
003	Tula	HGO.	45,214	575.5	26.0	4.51	lirio, cola de caballo
100	Alfajayucan	HGO.	32,462	571.0	20.0	3.50	lirio, cola de caballo
018	Colonias Yaquis	SON.	22,635	307.0	20.0	6.51	cola de caballo, lirio

CUADRO 11

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD DE CANALES AFECTADOS POR MALEZAS ACUÁTICAS

DISTRITOS DE RIEGO	ESTADO	SUPERFICIE RIEGABLE (HA)	LONGITUD TOTAL DE CANALES (KM)	CANALES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	
				(KM)	(%)		
099	Quitupan-Magdalena	MICH.	5,121	57.5	17.2	30.00	lirio, tule
101	Cuutepeques	CHIS.	4,315	132.6	15.0	11.31	lirio, tule
004	Don Martín	N.L.	29,605	756.6	11.3	1.49	tule
023	San Juan del Río	QRO.	11,048	186.4	7.0	3.75	lirio, tule
031	Las Lajas	N.L.	3,850	48.2	4.8	9.95	cola de caballo
001	Pabellón	AGS.	11,879	131.5	3.0	2.28	tule
066	Santo Domingo	B.C. SUR	38,101	660.0	0.0	0.00	
081	Edo. de Campeche	CAMP.	17,209	47.0	0.0	0.00	
005	Ciudad Delicias	CHIH.	79,200	1,200.0	0.0	0.00	
042	San Buenaventura	CHIH.	7,718	262.0	0.0	0.00	
089	El Carmen	CHIH.	3,000	145.2	0.0	0.00	
103	Río Florido	CHIH.	7,080	169.0	0.0	0.00	
046	Cacahoatán	CHIS.	5,895	114.6	0.0	0.00	
017	Región Lagunera	COAH-DGO.	89,200	2,432.0	0.0	0.00	
006	Palestina	COAH.	12,751	304.3	0.0	0.00	lirio eventual
053	Edo. de Colima	COL.	25,120	177.4	0.0	0.00	
068	Tepeacoatlco-Quechultenango	GRO.	7,651	149.6	0.0	0.00	
095	Atoyac	GRO.	4,430	130.0	0.0	0.00	
085	La Begoña	GTO.	12,389	164.6	0.0	0.00	
008	Metztitlán	HGO.	4,986	134.6	0.0	0.00	
028	Tulancingo	HGO.	960	31.9	0.0	0.00	
033	Edo. de México	MEX.	17,425	348.0	0.0	0.00	
044	Jilotepec	MEX.	5,507	171.0	0.0	0.00	
073	La Concepción	MEX.	956	58.4	0.0	0.00	
088	Chiconautla	MEX.	4,398	159.0	0.0	0.00	
096	Arroyo Zarco	MEX.	18,866	289.0	0.0	0.00	
045	Tuxpan	MICH.	19,919	357.3	0.0	0.00	
098	José María Morelos	MICH.	12,400	176.0	0.0	0.00	
030	Valsequillo	PUE.	33,820	332.0	0.0	0.00	
102	Río Hondo	Q. ROO	8,013	46.6	0.0	0.00	
049	Río Verde	S.L.P.	5,195	38.0	0.0	0.00	
108	Elota-Pixotla	SIN.	22,000	276.5	0.0	0.00	
037	Altar-Pitiquito-Caborca	SON.	56,958	2,050.0	0.0	0.00	
041	Río Yaqui	SON.	218,000	3,270.0	0.0	0.00	
051	Costa Hermosillo	SON.	66,296	3,500.0	0.0	0.00	
084	Guaymas	SON.	14,409	0.0	0.0	0.00	
048	Ticul	YUC.	9,379	206.0	0.0	0.00	
034	Edo. de Zacatecas	ZAC.	18,060	392.6	0.0	0.00	
	TOTAL		3,082,944	49,974.0	9,820.6		

CUADRO 12

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD DE DRENES AFECTADOS POR MALEZAS ACUÁTICAS

DISTRITOS DE RIEGO	ESTADO	SUPERFICIE REGADA P (HA)	LONGITUD TOTAL DE DRENES (KM)	DRENES AFECTADOS		PLANTAS ACUÁTICAS	
				(NO)	(%)		
010	Culiacán-Humaya-San Lorenzo	SIN.	272,807	3,406.5	3,064.9	89.97	tule
075	Río Fuerte	SIN.	236,231	2,614.0	1,300.0	49.70	tule, carricillo, lirio
014	Río Colorado	SON-B.C.	207,000	1,687.0	1,012.2	60.00	tule
041	Río Yaqui	SON.	218,000	2,350.9	940.4	40.00	tule
005	Ciudad Delicias	CHIH.	75,200	1,100.0	770.0	70.00	tule
038	Río Mayo	SON.	95,829	809.2	728.3	90.00	tule
024	Ciénega de Chapala	MICH.	45,901	639.1	511.3	80.00	lirio, tule
026	Bajo Río San Juan	TAMPS.	76,529	1,229.7	500.0	40.66	tule
019	Tehuantepec	OAX.	43,516	547.9	493.1	90.00	tule
087	Rosario Mezquite	MICH-JAL.	63,034	659.8	465.4	70.50	lirio, tule
063	Guasave	SIN.	103,800	1,249.5	434.2	35.00	tule
004	Don Martín	N.L.	29,605	499.0	399.2	80.00	tule
076	Valle del Carrizo	SIN.	43,259	541.9	352.2	65.00	tule
013	Edo. de Jalisco	JAL.	54,000	584.6	350.7	60.00	lirio, tule
074	Mocorito	SIN.	41,500	395.5	276.9	70.00	tule
025	Bajo Río Bravo	TAMPS.	200,000	3,500.0	250.0	7.14	tule
009	Ciudad Juárez	CHIH.	22,500	354.3	248.0	70.00	tule
092	Río Panuco	TAMPS.	48,000	401.0	200.5	50.00	tule
020	Morelia	MICH.	19,460	391.4	195.7	50.00	tule
018	Colonias Yaquis	SON.	22,635	235.0	188.0	80.00	tule
094	Jalisco Sur	JAL.	15,000	252.0	156.0	61.90	tule, zacate para
029	Xicotencatl	TAMPS.	24,754	306.3	153.0	50.00	tule, lirio
097	Lázaro Cárdenas	MICH.	65,000	205.8	144.0	70.00	lirio
093	Tomatlán	JAL.	23,000	179.0	125.3	70.00	tule, lirio
052	Edo. de Durango	DGO.	19,198	172.0	123.8	72.00	tule, lirio
061	Zamora	MICH.	17,984	234.4	117.2	50.00	lirio
035	La Antigua	VER.	18,228	232.3	116.2	50.00	tule
056	Atoyac-Zahuapán	TLAX.	4,216	157.0	109.9	70.00	lirio, tule, cola de caballo
104	Cuajinicuilapa	GRO.	6,554	103.8	103.8	100.00	tule
095	Atoyac	GRO.	4,430	74.8	74.8	100.00	lirio
082	Río Blanco	VER.	14,134	146.8	73.4	49.99	lirio, zacate para
046	Cacahoatán	CHIS.	5,895	110.3	66.2	60.00	tule, lirio
011	Alto Río Lerma	GTO.	111,960	1,156.0	65.0	5.60	lirio, tule
108	Elota-Piaxtla	SIN.	22,000	157.3	63.0	40.00	tule
086	Soto La Marina	TAMPS.	35,514	689.9	58.8	8.52	tule, zacate para
099	Quitupan-Magdalená	MICH.	5,121	111.6	44.7	40.00	lirio, tule
107	San Gregorio	CHIS.	6,600	59.3	42.0	70.88	tule
059	Río Blanco	CHIS.	8,020	140.0	40.0	28.57	tule
101	Cuxtepeques	CHIS.	4,315	52.0	30.0	57.69	lirio, tule
028	Tulancingo	HGO.	960	25.4	25.4	100.00	lirio, tule

CUADRO 12

DISTRITOS DE RIEGO
LONGITUD DE DRENES AFECTADOS POR MALEZAS ACUÁTICAS

Distrito por Estado	Estado	Superficie Total, en ha.	Longitud Total, en metros	Drenes afectados		Plantas acuáticas
				(ha)	(%)	
105 Nexpa	GRO.	3,060	25.0	25.0	100.00	lirio, tule
085 La Begoña	GTO.	12,389	155.4	25.0	16.08	lirio, tule
090 Bajo Río Conchos	CHIH.	6,513	177.0	16.7	9.43	tule
003 Tula	HGO.	45,214	100.9	15.0	14.86	lirio, cola de caballo
008 Meztitlán	HGO.	4,986	8.0	8.0	100.00	lirio, tule, carrizo
083 Papigochic	CHIH.	5,500	24.2	5.3	21.87	lirio, tule
023 San Juan del Río	QRO.	11,048	90.6	5.0	5.52	lirio, tule
031 Las Lajas	N.L.	3,850	19.9	4.0	20.00	tule
100 Atajayucan	HGO.	32,462	13.0	2.0	15.38	lirio, cola de caballo
001 Pabellón	AGS.	11,879	0.0	0.0	0.0	
066 Santo Domingo	B.C. SUR.	38,101	0.0	0.0	0.00	
081 Edo. de Campeche	CAMP.	17,209	120.0	0.0	0.00	
042 Buenaventura	CHIH.	7,718	60.0	0.0	0.00	
089 El Carmen	CHIH.	3,000	207.1	0.0	0.00	
103 Río Florido	CHIH.	7,080	59.1	0.0	0.00	
017 Región Lagunera	COAH-DGO.	89,200	33.9	0.0	0.0	
006 Palestina	COAH.	12,751	28.1	0.0	0.00	
053 Edo. de Colima	COL.	25,120	248.7	0.0	0.00	
057 Amaco-Cutzamala	GRO.	35,580	91.9	0.0	0.00	
068 Tepicocauilco-Quechultenango	GRO.	7,651	88.4	0.0	0.00	
033 Edo. de México	MEX.	17,425	179.3	0.0	0.00	
044 Jilotepec	MEX.	5,507	0.0	0.0	0.00	
073 La Concepción	MEX.	956	0.0	0.0	0.00	
088 Chicomautla	MEX.	4,398	7.6	0.0	0.00	
096 Arroyo Zarco	MEX.	18,866	0.0	0.0	0.00	
045 Tuxpan	MICH.	19,919	104.3	0.0	0.00	
098 José María Morelos	MICH.	12,400	20.0	0.0	0.00	tule, lirio eventual
016 Edo. de Morelos	MOR.	35,654	0.0	0.0	0.00	
043 Edo. de Nayarit	NAY.	43,689	362.6	0.0	0.00	
030 Valaquillo	PUE.	33,820	0.0	0.0	0.00	
102 Río Hondo	Q. ROO.	8,013	0.0	0.0	0.00	
049 Río Verde	S.L.P.	5,195	47.0	0.0	0.00	
037 Altar-Pitiquito-Caborca	SON.	56,958	0.0	0.0	0.00	
051 Costa Hermosillo	SON.	66,296	0.0	0.0	0.00	
084 Guaymas	SON.	14,409	0.0	0.0	0.00	
048 Ticul	YUC.	9,379	0.0	0.0	0.00	
034 Edo. de Zacatecas	ZAC.	18,060	36.1	0.0	0.00	
TOTAL		3,882,944	38,861	14,520		

5.2 Control de Malezas Acuáticas

5.2.1 Métodos Físicos

♦ Quema

• Presa Barraje de Ibarra

La superficie de lirio acuático desecado que logró ser incinerada fue de un total 25 hectáreas, lo que representó sólo el 20% de las 124 hectáreas programadas.

En base a los trabajos realizados por la brigada forestal, se apreció que las superficies vegetales afectadas directamente por el fuego de las antorchas de goteo y el lanzallamas ardían de manera efectiva, pero posteriormente se apagaban, sin que se lograra la propagación del fuego, por lo que se determinó la imposibilidad de efectuar en forma rápida y extensiva la quema de las carpetas de lirio desecado.

Se presume que las condiciones que determinaron la deficiente combustión laminar de la materia seca de lirio acuático, en el lecho del embalse se debió fundamentalmente, a la humedad del estrato vegetal en contacto directo con el suelo, así como al escaso espesor de la carpeta vegetal desecada.

Durante las labores de propagación del fuego, se observó que el estrato superior conformado por las hojas y pecioloos secos de las plantas, ardían de manera instantánea, pero el fuego no se extendía al estrato orgánico inferior conformado por las raíces de estos mismos vegetales.

En la inspección de estas zonas, se pudo apreciar que las raíces tenían una humedad muy escasa, pues se sentían frescas al tacto, pero suficiente como para limitar su quema. Esto aunado a la muy rápida incineración del estrato superior, impidió la conservación y propagación de la energía calorífica necesaria para la combustión de la materia vegetal en forma vertical y horizontal.

El lecho del vaso fundamentalmente arcilloso conserva humedad que transmite a la capa vegetal inmediata, la cual efectivamente ha sufrido un proceso de desecación sistemático, debido a que la presa no almacena ni ha recibido aportes de agua en los últimos meses. De hecho, el suelo logra conservar humedad, tanto por sus características texturales, como por la misma materia orgánica vegetal sobrepuesta, que le sirve de aislante y retarda la evaporación.

Por otra parte, aunque el lecho de la presa se presentó prácticamente cubierto en su totalidad por lirio acuático desecado, el espesor de la capa se consideró bajo, siendo no mayor a los 25 centímetros. Este aspecto también influyó negativamente, para la conservación y propagación del fuego en forma extensiva y controlada.

5.2 Control de Malezas Acuáticas

5.2.1 Métodos Físicos

♦ Quema

• Presa Barraje de Ibarra

La superficie de lirio acuático desecado que logró ser incinerada fue de un total 25 hectáreas, lo que representó sólo el 20% de las 124 hectáreas programadas.

En base a los trabajos realizados por la brigada forestal, se apreció que las superficies vegetales afectadas directamente por el fuego de las antorchas de goteo y el lanzallamas ardían de manera efectiva, pero posteriormente se apagaban, sin que se lograra la propagación del fuego, por lo que se determinó la imposibilidad de efectuar en forma rápida y extensiva la quema de las carpetas de lirio desecado.

Se presume que las condiciones que determinaron la deficiente combustión laminar de la materia seca de lirio acuático, en el lecho del embalse se debió fundamentalmente, a la humedad del estrato vegetal en contacto directo con el suelo, así como al escaso espesor de la carpeta vegetal desecada.

Durante las labores de propagación del fuego, se observó que el estrato superior conformado por las hojas y peciolo secos de las plantas, ardían de manera instantánea, pero el fuego no se extendía al estrato orgánico inferior conformado por las raíces de estos mismos vegetales.

En la inspección de estas zonas, se pudo apreciar que las raíces tenían una humedad muy escasa, pues se sentían frescas al tacto, pero suficiente como para limitar su quema. Esto aunado a la muy rápida incineración del estrato superior, impidió la conservación y propagación de la energía calorífica necesaria para la combustión de la materia vegetal en forma vertical y horizontal.

El lecho del vaso fundamentalmente arcilloso conserva humedad que transmite a la capa vegetal inmediata, la cual efectivamente ha sufrido un proceso de desecación sistemático, debido a que la presa no almacena ni ha recibido aportes de agua en los últimos meses. De hecho, el suelo logra conservar humedad, tanto por sus características texturales, como por la misma materia orgánica vegetal sobrepuesta, que le sirve de aislante y retarda la evaporación.

Por otra parte, aunque el lecho de la presa se presentó prácticamente cubierto en su totalidad por lirio acuático desecado, el espesor de la capa se consideró bajo, siendo no mayor a los 25 centímetros. Este aspecto también influyó negativamente, para la conservación y propagación del fuego en forma extensiva y controlada.

En un esfuerzo por propagar el fuego, la brigada efectuó la apilación de lirio desecado, con el objeto de intentar establecer lo que se puede llamar "núcleos de incineración". Estas masas ardieron totalmente, pero no lograron extender el fuego hacia las carpetas de lirio contiguas de menor espesor.

Cabe señalar que durante las labores de quema, se registraron vientos con intensidad adecuada como para favorecer la propagación del fuego, sin embargo, ni aún con esta situación se logró obtener resultados satisfactorios.

También es importante indicar que las superficies incineradas no obstante ser pequeñas generaron una gran cantidad de humo.

• Presa Melchor Ocampo

La superficie de materia orgánica desecada de lirio acuático que se logró ser sometida a la acción del fuego se estimó en 0.5 hectáreas.

Las cubiertas de lirio acuático que se encontraron sobre el enrocamiento interno de la cortina, fueron incineradas en su totalidad. Este resultado se atribuyó a que la masa vegetal estaba perfectamente seca por estar depositada en un sustrato pétreo que no conserva humedad, además de que los tapetes eran gruesos y se presentaban dispuestos sobre un plano inclinado.

En cambio, sobre las carpetas vegetales que se ubicaron en la ribera derecha de la presa, no se logró su incineración extensiva.

Se determinó que esta situación se debía a dos aspectos fundamentales: a la humedad que conservan las cubiertas vegetales en su estrato inferior en contacto con el suelo y al delgado espesor que en general registran los tapetes desecados de lirio acuático, también observados en la presa Barraje de Ibarra.

Las pruebas de incineración indicaron que las cubiertas de lirio acuático desecado depositadas en las riberas de la presa Melchor Ocampo, no lograron ser quemadas en forma total, por lo que se impide la propagación del fuego en estas carpetas de forma rápida y eficiente.

Es conveniente destacar que las superficies incineradas generaron una gran cantidad de humo y partículas.

5.2.2 Control Químico

• Presa Solís

El control químico de lirio acuático por fumigación aérea con 2,4-D Amina y Diquat como marcador, se llevó a cabo del 19 al 27 de noviembre 1993. El tiempo de aplicación efectiva se estimó en 51 horas, realizándose 833 vuelos, para fumigar un total de 2,602 hectáreas.

En los reconocimientos de campo, los efectos del Diquat, se evidenciaron después de las 4 horas de terminada la fumigación, constatándose indicios de marchitamiento y clorosis de las partes aéreas. A las 24 horas, las plantas aparte del aspecto marchito, se observaron daños de tejidos foliares. En las subsiguientes 48 horas las matas de lirio se encontraron desecadas.

Con lo que respecta al 2,4-D amina, sus efectos se manifestaron con mayor evidencia después de 48 horas, con marcados signos de epinastía, para posteriormente aparecer con marcada decoloración tanto de tejidos como de órganos y muerte de las matas flotantes.

Después de dos semanas y media de haber finalizado el control, ya se estaba presentando el fenómeno de pudrición y hundimiento de lirio en algunas áreas del embalse.

Después de dos meses del control, gran parte de las masas de lirio se habían hundido, quedando a la vista una amplia área de espejo de agua libre de lirio acuático. Se determinó de acuerdo a los reconocimientos de campo, la presencia de lirio exportado desde la cuenca alta por el colector principal que es el río Lerma.

Conforme las observaciones de campo se estima que la reducción de las superficies atendidas fue de un 77 por ciento, lo que representó la limpieza del orden de 2,000 hectáreas de lirio acuático.

• Presa Endhó

El control químico de lirio acuático por fumigación aérea con 2,4-D Amina y Diquat como marcador, inició el 28 de abril y concluyó el 2 de mayo de 1994.

El tiempo de aplicación efectiva se estimó en 12 horas, realizándose 161 vuelos, para fumigar un total de 805 hectáreas.

Los efectos de Diquat en las matas de lirio acuático se evidenciaron después de 3 horas de aplicación, las plantas experimentan una clorosis que pasa rápidamente a una coloración café que se evidencia en los tejidos desecados.

Con relación al herbicida 2,4-D amina, en las inspecciones de campo de las plantas tratadas después de 72 horas se encontraron marcados signos de epinastía, lo que mostraba la actividad sistémica del agente en las matas de lirio acuático.

A las dos semanas de terminado el tratamiento químico, grandes concentraciones de lirio acuático, se encontraban en fase de hundimiento.

Conforme las observaciones de campo se estima que la reducción de las superficies atendidas fue de un 60 por ciento, lo que representó el hundimiento de 483 hectáreas de lirio acuático.

- **Laguna de Zumpango**

El control químico de lirio acuático por fumigación aérea únicamente con Diquat inició el 17 de septiembre y concluyó el 20 de septiembre de 1994.

El tiempo de aplicación efectiva se estimó en 16 horas, para lo cual se realizaron 214 vuelos, para fumigar 1,036 hectáreas.

Los efectos del Diquat, se evidenciaron a las 24 horas, con paulatino cambio de coloración de los tapetes vegetales, de un verde claro a un verde oscuro. A las 48 horas las plantas mostraban marchitez, la desecación de sus tejidos se hizo patente por decoloración foliar, en forma de manchado, y mostraba los sitios de contacto con el herbicida. A las 36 horas las plantas presentaban total desecación de tejidos, por lo que al aparecer un marcado color café, se logra reconocer fácilmente en las zonas tratadas.

Por la presencia de nublados, se considera que el herbicida actuó de forma sistémica, lo que permitió una mayor afectación de las cubiertas de lirio acuático tratadas. De esta manera se estima que se logró un tratamiento efectivo del 95 por ciento de la superficie atendida.

Sin embargo, pese a la excelente aplicación y la buena cobertura de afectación se estima hasta el mes de diciembre de 1994, que el hundimiento de lirio fue del orden 45 por ciento.

5.2.3 Control Mecánico

- **Dragado y arrastre de cadenas**

De acuerdo a la información obtenida en los 72 Distritos de Riego, las unidades que presentan la problemática de manejo del agua por la presencia de malezas acuáticas, su control tanto en canales como en drenes se realiza principalmente con equipos pesados como son las grúas de orugas o de ruedas, que generalmente se conocen como dragas, las cuales están dotadas con cucharones o canastillas.

Las retroexcavadoras le siguen en importancia, las cuales junto con las dragas, generalmente conforman el equipo con el que cuentan las Unidades de Riego para la extracción de plantas acuáticas, tanto flotantes como sumergidas y emergentes.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El método de cadena que se utiliza para el desprendimiento de malezas sumergidas, se aplica como parte del mantenimiento periódico de los canales, de los Distritos de Riego: 014, 024, 025, 086 y 043.

De estos Distritos, en los tres primeros, los procedimientos de control mecánico integral se conjugan particularmente en el control de las malezas sumergidas, como es el caso de la hidrila (*Hydrilla verticillata*).

En sus canales como primer paso, se arrastran las cadenas para desprender las malezas sumergidas, las cuales en grandes masas son arrastradas por la corriente hasta las estructuras de control, sitios donde quedan retenidas para ser inmediatamente extraídas por las dragas y retroexcavadoras.

En el Distrito de Riego 086, Soto la Marina, el arrastre de cadenas, para el control de hidrila, se combina con el control biológico por peces, como es la carpa herbívora. Los resultados de esta combinación están en proceso de evaluación.

• Embarcaciones

A partir de las observaciones de las embarcaciones diseñadas especialmente para la erradicación de malezas acuáticas, se tienen básicamente 6 marcas que han operado equipo a nivel nacional (Cuadro 13).

Las cosechadoras representan el equipo más tradicional, para el control de malezas tanto flotantes como sumergidas, las cuales de acuerdo a las especificaciones de sus fabricantes tienen rendimientos que van de 0.15 ha/hr a 0.80 ha/h. En cuanto a la fabricación de estos equipos los de marca AQUAMARIN son extranjeros y los COMATSE nacionales.

De las embarcaciones para cosecha se tiene al ACUA-DOSER, máquina con capacidad para efectuar la extracción de hidrofitas, tanto flotantes, como emergentes y subacuáticas por medio de brazos hidráulicos a los que se adaptan equipos ligeros intercambiables, como son: canastillas y palas. La movilidad de los brazos hidráulicos, permite sumergirse hasta 1.80 metros o elevar a una altura máxima de 2.50 metros los implementos de cosecha. El material cosechado se descarga en las riberas del cuerpo de agua o en embarcaciones de apoyo.

Aqua-Doser llama la atención debido a que es de fabricación Estadounidense, lo que representa un alto costo de adquisición, sin embargo, se considera que es eficiente para el control de malezas tanto sumergidas como flotantes y emergentes; además de poder efectuar otras labores de apoyo como es el dragado y extracción de troncos y desechos sólidos.

CUADRO 13

CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA PARA EL CONTROL DE MALEZAS ACUÁTICAS (*)

TIPO	MARCA	ANCHO (m)	LARGO (m)	FRENTE DE CORTE (m)	CALADO (m)	FORMA DE CONTROL	MOTOR	FABRICACIÓN	RENDIMIENTO	CONTROL SOBRE MALEZAS
Trituradora	CARDOMA	3.60	7	3.60	0.35	tambores verticales de corte	diesel Mercedes Bens 170 H.P.	nacional	1.0 ha/hr	flotantes
Trituradora	RETADOR					molino de martillos	Perkins turbo cargado 140 H.P. 140 H.P. 70 H.P.	nacional	1.0 ha/hr 1.0 ha/hr 0.5 ha/hr	flotantes
	Mod. P-140	4	7.50	4.00	0.90					
	Mod. P-140-115	4	11.50	4.00	0.55					
	Mod. P-70	2.2	4.50	2.20	0.35					
Trituradora	NUTRIA II		6	delantero de 4 a 10 trasero de 4 a 10		molino de martillos	diesel Cummins 210	nacional	desconocido	flotantes
Cosechadora	ACUAMARINE						3.5 H.P. 45 H.P.	Estados Unidos Canadá	0.23 ha/hr 0.80 ha/hr	flotantes sumergidas
	Mod. H 7-400	2.45	10.50	2.15	0.50					
	Mod. H 10-800	3.05	12.70	3.05	0.66					
Cosechadora	COMATSE	2.25	13.40	1.97	0.40	rampas alimentadora y de descarga	Lister Modelo HR-4 52.5 H.P.	nacional	0.15 ha/hr	flotantes sumergidas
Cosechadora	ACUA-DOZER	3.35	6.10	no presenta	0.91	canastilla de recolección	John Deere 113 H.P.	Estados Unidos	10 ton/hr	flotantes sumergidas emergentes
Trituradora (despalotizador)	COMATSE	1.86	7.41		0.90	2 hélices		nacional	0.075 ha/hr	emergentes flotantes

(*): Características de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

De esta clase de equipos de encuentran operando dos en el lago de Pátzcuaro desde el año de 1992, los cuales se constató en la visita de campo por este sistema lacustre, se utilizan como parte del control mecánico integral que realiza la Coordinación de Dragado, oficina dependiente del Gobierno del Estado de Michoacán.

Una máquina Aqua-Doser, se observó trabajar en la Laguna de Chairiel en el Sistema Lagunario del Río Tamesí, Tamps., para la extracción de malezas sumergidas como *Ceratophyllum demersum* y emergentes como *Typha domigensis* y *Scirpus* sp.

A partir de la introducción en el año de 1986 de las máquinas trituradoras de lirio acuático conocidas en el mercado nacional como RETADOR, aparecieron en el mercado otras marcas como CARDOMA y NUTRIA.

El principio mecánico de los equipos Retador y Nutria es el mismo, mediante la trituración por rotores con cuchillas, pero habiendo variaciones de diseño entre uno y otro, puesto que el segundo equipo tiene además un rotor trasero. Las eficiencias y características de acuerdo a la información proporcionada por los fabricantes se puede observar en el Cuadro 13

Dentro de las innovaciones tecnológicas nacionales de equipos de trituración de lirio acuático, el equipo de la marca CARDOMA, es una embarcación que realizó sus primeras demostraciones de operación los días 27 de mayo y 12 de junio de 1992, en la presa Rojo Gómez, municipio de Alfajayucan Estado de Hidalgo.

De sus características de diseño se destacan las siguientes: frente de corte de 3.6 metros integrado con tambores verticales con cuchillas, calado de hasta 0.35 metros; rendimiento reportado máximo de 1 hectárea por hora.

En las demostraciones de su funcionamiento, se apreció que la trituración del lirio es buena ya que logra hacer una adecuada fragmentación de las plantas, desde la raíz hasta la parte foliar, los restos del triturado son esparcidos por los extremos del frente de corte, debido al funcionamiento helicoidal de las cuchillas colocadas en los seis tambores, tres de éstos giran hacia la derecha y tres a la izquierda, lo que le da mayor velocidad. Sin embargo, de acuerdo a las observaciones de campo, se establece que no tiene suficiente potencia de empuje cuando operan en masas de lirio con altas densidades y su sistema de corte es susceptible de ser obstruido por objetos flotantes sólidos como pueden ser los troncos, aspectos que repercuten en la disminución de sus eficiencia y rendimientos.

Es conveniente señalar que de estos equipos, respecto a CARDOMA, se introdujo una unidad en la presa José Antonio Alzate, en el Estado de México y dos máquinas en la presa Endhó, donde no obtuvieron buenos resultados. En cuanto a la NUTRIA se tiene conocimiento que únicamente realizó pruebas en la Laguna de Yuriria, Gto., y en el lago de Chapala, Jal. por lo no se tiene antecedentes de que sea eficiente en la trituración de lirio acuático.

Dentro del tipo de máquinas trituradoras para macrofitas acuáticas, se tiene una variante que es conocida como "despalotizador". Es una lancha ligera, dotada con dos grandes hélices frontales de movimiento independiente, que al ponerlas en contacto con las masas vegetales éstas son fraccionadas, por lo que es altamente eficiente para la destrucción de tapetes vegetales sumamente compactados.

Esta clase de embarcación se observó operando en la limpieza del Lago de Pátzcuaro y de acuerdo a la Coordinación de Dragado, es el único equipo que existe en el país.

Respecto al control mecánico, llama la atención la forma en que la Coordinación de Dragado del Lago de Pátzcuaro, combina las eficiencias de distintos equipos para lograr los mejores resultados en el control de diversas malezas, situación operativa que se observó del 27 al 28 de octubre de 1992.

Se utiliza el despalotizador para abrir brechas en zonas con vegetación acuática con un alto grado compactación, sitios donde es prácticamente imposible atacar con otro tipo de maquinaria.

El triturado y otras malezas flotantes como lirio acuático, se colectan con las cosechadoras convencionales. Los Aqua-Doser amplían las brechas y extraen malezas emergentes, al mismo tiempo que logran el desazolve. La cosecha manual con cuadrillas de trabajadores dotadas con bieldos, se aplica en riberas. Todas las formas de cosecha son apoyadas por lanchones con capacidades volumétricas de hasta 90 metros cúbicos.

Con relación al uso de procedimientos mecánicos con embarcaciones, para el control de áreas hidráulicas estratégicas en las presas Endhó y Madín, se obtuvieron los siguientes resultados.

• Presa Endhó

La presa Endhó, se consideró un embalse de atención prioritaria debido a los problemas de salud pública que experimentaban las poblaciones ribereñas, por la alta incidencia de mosquitos, cuya abundancia poblacional estaba favorecida por las grandes extensiones de lirio acuático en el embalse.

Como se explicó anteriormente, las cubiertas de lirio acuático, habían sido objeto de un control químico a base de la aspersión aérea de 2,4-D amina, al no obtenerse los resultados esperados, no logrando disminuir las cubiertas de lirio, se ejecutó un programa de trituración para 1,050 hectáreas que correspondió 87.5 por ciento de la superficie del cuerpo de agua estimada en 1,200 hectáreas.

El tiempo de duración de las actividades de trituración fue 5 meses, utilizándose equipos de la marca Retador del modelo P-140-115, lográndose la limpieza del embalse al 97 por ciento.

Las labores de trituración se iniciaron con 2 equipos para posteriormente aumentar el número de unidades hasta completar un total de 7 máquinas. Los tiempos de operación de cada uno de estos equipos fue variable, debido a descomposturas y labores de mantenimiento, que detenían temporalmente su operación, por lo que de acuerdo a la evaluación global se estima que su rendimiento promedio por máquina fue de 1.5 ha/jornada de 8 horas de trabajo.

El cronograma de trituración se puede observar en la Figura 3.

• Presa Madín

Es un embalse que se utiliza fundamentalmente para la dotación de agua potable a una amplia zona conurbada del Estado de México. La presa presentaba una infestación crónica de lirio acuático que llegó a ocupar el 100 por ciento de su superficie que se estimó al inicio de la limpieza del orden de 80 hectáreas. Por el uso del agua se programaron acciones de cosecha, considerándose una forma de control que no afectaría la calidad del agua del reservorio. El tiempo de duración de la cosecha fue 5.5 meses, utilizándose 4 equipos, de los cuales 2 eran de la marca COMATSE y 2 restantes de la marca Aquamarin, con los que se logró la limpieza del embalse al 100 por ciento.

Los tiempos de operación de cada una de las máquinas fue también variable ya que debido a labores para su mantenimiento, y tiempos muertos por causas involuntarias, la evaluación global arroja un rendimiento promedio por máquina de 0.5 ha/jornada de 12 horas de trabajo. El volumen extraído de lirio acuático se estimó en 120 metros cúbicos.

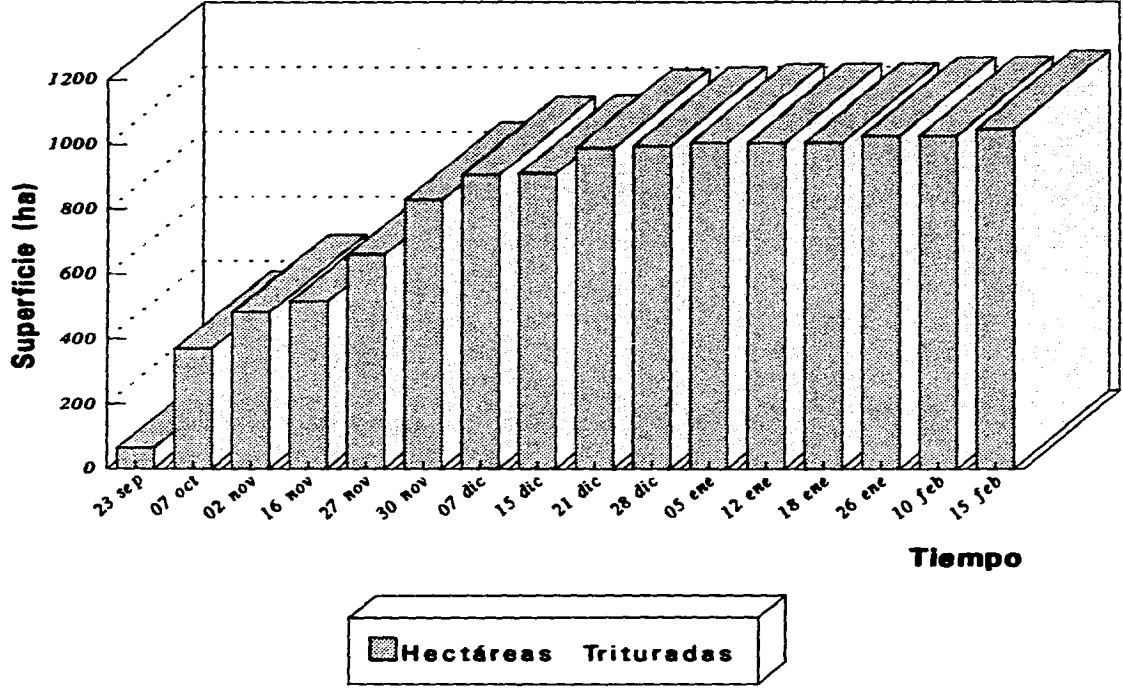
5.2.4 Control Biológico

Se encontró que el biocontrolador de lirio acuático el escarabajo moteado o picudo (*Neochetina* sp.), estuvo presente en todos los sitios visitados.

En el Lago de Chapala, se determinó la presencia de adultos hasta de 3 organismos por planta, así como también se identificaron larvas en los peciolos de algunas plantas. Sin embargo, no siempre se encontró en todas las plantas revisadas, no obstante, que había evidencias de su actividad.

En la Laguna Colorada y Palo Verde, el número de organismos por planta llegó hasta 6, encontrándose un promedio de 3 organismos por planta. La población de estos insectos se encontró totalmente distribuida en los tapetes vegetales, pues prácticamente no había planta que no presentara escarabajos. Los tapetes de lirio acuático en estos dos cuerpos de agua, mostraban claros indicios de daño foliar e incluso de clorosis derivada posiblemente del debilitamiento de la planta por el ataque de los insectos, por lo que en estos cuerpos de agua se presume que el escarabajo moteado está ejerciendo una afectación evidente en el desarrollo del lirio acuático.

Figura 3
PROGRAMA DE TRITURACION DE LIRIO ACUATICO EN LA PRESA ENDHO, HGO.
(septiembre de 1994 a febrero de 1995)



En lo que respecta a la parte baja del río Lerma, el número de organismos encontrados fue bajo, determinándose esporádicamente plantas afectadas en las que el número máximo de organismos fue de 2. Cabe señalar que gran parte de los tapetes mostraba un amplio desarrollo y todos ellos provenían de sitios aguas arriba.

En el sitio del río Lerma en las inmediaciones del poblado de La Piedad se encontraron tapetes de lirio acuático integrados por plantas de alturas que promediaron los 0.90 metros, en los cuales se distribuía el escarabajo moteado. En este lugar se llegaron a contar hasta 8 organismos por planta, observándose también estados larvario en peciolo en numerosas plantas; en esta parte, el lirio acuático mostraba daños severos por el escarabajo moteado y parte de estos efectos deletereos se debían a la combinación de los daños del tejido por la actividad del insecto y de hongos, lo que permitía un fuerte necrosamiento en los peciolo.

En la Ciénega de Chapala se encontró que tanto en el río Duero como en los drenes conocidos como: Principal y Ballesteros. En estos sitios se llegaron a encontrar hasta 4 organismos por planta. En esta parte no obstante, el lirio mostraba un óptimo desarrollo, todas las cubiertas observadas daban evidencia de la amplia distribución que tiene el escarabajo moteado en estas cubiertas vegetales.

En el río Zula, igualmente se encontró una amplia población de escarabajo moteado, lo cual se establece, porque se determinó su presencia en todos los tapetes vegetales que se distribuyen desde el poblado de Ocotlán en la parte que confluye el río Zula con el río Santiago, hasta aguas arriba del poblado de San Martín Zula. Especialmente en este último lugar, se llegaron a encontrar hasta 9 organismos por planta. La actividad de estos organismos fue notoria por daños apreciables por la alimentación de estos insectos en hojas y peciolo. Se presume que en esta parte, el escarabajo moteado está jugando un papel importante como biocontrolador y al mismo tiempo limita el desarrollo de las poblaciones de lirio acuático.

6. DISCUSION

6.1 Diagnóstico de Malezas Acuáticas

En el diagnóstico de malezas acuáticas en embalses, se consideró conveniente exponer los resultados de encuestas de los periodos 1989-1991 y 1992-1994, con el propósito de establecer bases de datos comparativos que indicaran cambios de las cubiertas de malezas registradas en el país.

De esta manera, se permitió apreciar que en el primer periodo el Estado que registró la mayor infestación por malezas acuáticas fue el Estado de Michoacán, seguido de Guanajuato, lo cual se considera de relevancia, ya que hasta ese entonces para los Lagos de Chapala y Cuitzeo, no se tenían registros de altos porcentajes de cubiertas de macrofitas acuáticas. Particularmente Chapala, que dentro de la división política nacional tiene porciones que pertenecen tanto al Estado de Jalisco, como de Michoacán, se estimó pertinente para fines de este diagnóstico asignarse por completo al primer Estado, por encontrarse dentro de éste la mayor superficie lacustre.

Para el segundo periodo, al registrar el Lago de Chapala una infestación de lirio acuático y tule de aproximadamente el 20 por ciento de su superficie de espejo de agua, el orden de importancia estatal en lo que a cubiertas de maleza acuáticas se refiere, cambió radicalmente, lo que permite demostrar que la infestación de este lago a tenido una gran relevancia a nivel nacional.

El Lago de Cuitzeo es otro ambiente lacustre que con sus aproximadas 12,000 hectáreas con malezas, cambió las estadísticas básicas de infestación de ambos periodos.

Por otra parte, esta forma de análisis, también permitió observar que las encuestas del primer periodo tenían deficiencias informáticas que evidentemente se reflejaban en los resultados, por lo que una vez detectadas, se buscó corregirlas en el segundo periodo para establecer un diagnóstico lo más apegado a la realidad. De estas carencias, la principal fue que muchos embalses no se reportaban, o bien, no se consignaba adecuadamente la superficie de espejo de agua que servía como referencia para determinar el grado de infestación, situación que limitaba conocer la cubiertas de malezas estatales y por ende la nacional.

No obstante las cifras del primer periodo, permiten apreciar los cambios de la infestación de malezas acuáticas, así por ejemplo, el total nacional es de 27,028.20 hectáreas para los 169 cuerpos de agua, se encuentra muy por debajo del total nacional calculado para el segundo periodo que es de 69,182.33 hectáreas, con 268 cuerpos de agua. Entre ambos periodos el número de embalses con registro de malezas acuáticas aumento en 99 unidades.

Pero ambas cifras, asimismo son inferiores con respecto al monto de las 114,862.03 hectáreas que maneja el Inventario de Malezas Acuáticas realizado por la SARH en el año

1981, levantamiento que tiene relevancia por el alcance global de información que fue a nivel nacional y por haberse elaborado también a base de encuestas.

Concentrándose en los resultados del período 1992-1994, donde se identificó en un total de 268 cuerpos de agua con presencia de malezas acuáticas, cantidad que se relaciona con el número de cuerpos de agua nacionales registrados con una capacidad mayor o igual a 0.5 millones de metros cúbicos, siendo ésto aproximadamente 1,590 embalses, que posiblemente experimentan problemas asociados a macrofitas acuáticas vasculares, representando el 16.85 por ciento.

Pero esta relación aunque demuestra que de la infraestructura hidráulica del país, la proporción de cuerpos de agua con malezas acuáticas es relativamente baja, las consecuencias sociales y económicas de afectación de cada uno de éstos pueden ser variables y en algunos casos muy relevante, como por ejemplo: a) ya sea porque se restringe su uso múltiple, b) porque experimentan la reducción de volúmenes útiles de agua que se pierde vía evapotranspiración o por la reducción de su capacidad de captación; c) porque se les atribuye ser causantes de afectaciones indirectas principalmente a la salud pública de las poblaciones ribereñas, que muchas veces se ve deteriorada por altas cantidades de mosquitos que tienen como lugar de crianza éstas áreas acuáticas. A este respecto son casos notables los registrados en las presas Endhó, Hgo. y José Antonio Alzate, Méx., donde los programas implementados de control de lirio acuático han obedecido estrictamente a fuertes presiones sociales, que exigen se apliquen estos métodos para reducir la incidencia de ataques de mosquitos.

Cabe señalar, que de los 268 embalses, si se toma como base de referencia una superficie de afectación por malezas acuáticas igual o mayor a 500 hectáreas, son 21 cuerpos de agua los que destacan y en su conjunto suman 55,072.51 hectáreas lo que representa el 72.4 por ciento con respecto al total de 69,182.33 hectáreas inventariadas. De estos cuerpos destaca sin duda, el Lago de Chapala que representa el 30.4 por ciento del total nacional de infestación con malezas acuáticas.

Como se mencionó anteriormente el Lago de Chapala, hasta el año de 1991, prácticamente se encontraba libre de malezas acuáticas, especialmente de lirio acuático. situación que se observó en reconocimiento de campo efectuado en el mes de octubre de 1991, ocasión que las cubiertas significativas de lirio se encontraban únicamente en la parte de confluencia con río Santiago, frente al poblado de Ocotlán, Jal., las cuales incluso estaban sujetas a control mecánico por medio de máquinas trituradoras.

Para el año siguiente de 1992, por una abundante temporada de lluvias en la cuenca, el río Lerma transportó como consecuencia de una avenida, grandes cantidades de lirio acuático de la cuenca superior al lago. Para este año, su infestación se estimó en 5,000 hectáreas y para el año siguiente dentro del rango de 15,000 a 18,000 hectáreas.

Durante la temporada de lluvias de 1991, la cuenca Lerma-Chapala registró un escurrimiento extraordinario que también se reflejó en el Lago de Cuitzeo, el cual estaba en

franco proceso de desecación; al subir su nivel de agua almacenada posteriormente registra un fuerte crecimiento de hidrofítas sumergidas.

Por otra parte, una de las cuestiones que surge al analizar los datos del presente diagnóstico, es que las áreas de malezas a nivel nacional han aumentado o disminuido, situaciones que se presume responden en parte, si se toma en cuenta la base de datos del inventario de la SARH del año 1981.

De esta manera si se comparan las cifras totales de 69,182.33 y de 114,862.03 hectáreas, de ambos inventarios, como se mencionó anteriormente, la primera impresión que se tiene es que las superficies de malezas se redujeron o que los inventarios tuvieron alcances diferentes.

En la una revisión del inventario de 1981, se encuentra que en principio no se realizó una amplia determinación de lo que se entendía como maleza acuática, además de que no se estableció una clara delimitación de los ambientes acuáticos que formaron parte de su edición de resultados.

En el primer aspecto, ante esta falta de definición no se logra comprender del todo el motivo por el cual, se determina como maleza a algunas especies como es el caso de *Polygonum* sp. (chillo) y *Ruppia maritima* (pasilla), particularmente esta última que de acuerdo con Rzedowski (1978), es una fanerógama marina, eurihalina que se distribuye en las lagunas costeras del noreste de la República Mexicana.

En el segundo aspecto, lo mismo se inventariaron cuerpos de agua dulceacuícolas o epicontinentales que salobres como son las lagunas costeras. Esto es de relevancia porque muchas hidrofítas no se desarrollan en ambos ambientes, como es el caso del lirio acuático que se señala como una maleza en lagunas costeras y esteros de los Estados de Guerrero, Tamaulipas y Veracruz. La presencia de esta hidrofita en estos ecotonos costeros no es de extrañar, pues se debe más bien a factores de transporte fluvial, especialmente durante la época de lluvias que es cuando aumentan los caudales de estas corrientes con lo que logran arrastrar desde la cuenca alta hacia las zonas costeras grandes cantidades de plantas, que pueden sobrevivir en las lagunas costeras mientras prevalezcan las condiciones de baja salinidad.

Asimismo las cifras del presente diagnóstico y del inventario de 1981, varían notablemente debido a que en el segundo se incluyeron dentro de sus cifras estatales, cubiertas de plantas acuáticas medidas tanto en tramos de ríos, como en canales y drenes. En el diagnóstico actual no se tomaron en cuenta las secciones fluviales porque en reconocimientos de campo se observó que las cubiertas de hidrofítas flotantes como: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua, (*Lemna* sp.), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y oreja de ratón (*Salvinia* sp.), tienden a ser variables por efectos de transporte fluvial. Por otra parte el carácter temporal de muchas corrientes superficiales, también se tomó en cuenta para decidir no incluirlas para fines del diagnóstico. La parte correspondiente a la presencia de malezas

en canales y drenes se realizó por separado entrando en las estadísticas de los Distritos Riego.

Aún más, la información del año 1981, determina a Veracruz como el Estado con mayor afectación por malezas acuáticas, seguido de Tamaulipas y Tabasco. La infestación para los dos primeros Estados está dada en mayor medida por *Ruppia maritima* y para el tercero por lirio. Las cifras son dudosas en cuanto que cuerpos de agua pertenecientes a Tamaulipas se asignan a Veracruz. En lo que respecta a Tabasco no se discute el motivo de considerar al lirio como maleza, en cuanto que este Estado forma parte de la distribución natural de *Eichhornia* spp.

Por todo lo expuesto anteriormente, se considera que no existe base de referencia para las cifras totales que se manejan en el inventario de la SARH, y el presente trabajo.

De esta manera no es posible establecer si las cubiertas de malezas aumentaron o disminuyeron de manera definitiva. De otros diagnósticos de malezas en embalses, mencionados en los antecedentes, por desconocerse sus bases metodológicas de medición es inconveniente realizar comparación de datos para determinar la evolución de la infestación a nivel nacional.

Un aspecto que es importante resaltar, es que tomando en cuenta tanto los antecedentes documentales sobre infestación de malezas acuáticas, como los datos obtenidos para el actual diagnóstico, se pueden identificar los cuerpos de agua con infestación crónica de malezas acuáticas como son: Presa El Niágara, Ags., Laguna Potrero Grande, Col., Laguna de Santiaguillo, Dgo., Presa Solís y Laguna de Yuriria, Gto., Laguna Zupitlán y Presa San Antonio Regla, Hgo., Presa Hurtado, Presa Laguna Colorada, Presa El Ahogado y Presa La Vega, Jal., Presa José Antonio Alzate, Méx., Lago de Pátzcuaro, Urepetiro, Melchor Ocampo y Barraje de Ibarra, en el Estado de Michoacán., Presa Alfredo B. Bonfil, La Soledad y Centenario, en Querétaro., Presas Sanalona y Adolfo López Mateos, en Sinaloa., Estudiante Ramiro Caballero, Vicente Guerrero y Pedro J. Méndez, en Tamaulipas.

De estos embalses la infestación es fundamentalmente por lirio el cual se asocia a tule, a excepción de los 3 últimos cuerpos de agua pertenecientes al Estado de Tamaulipas, en los que su infestación esta dada por la maleza sumergida hidrila (*Hydrilla verticillata*).

De esta forma se puede establecer que en los 268 embalses del país, las tres malezas que se registran en orden de importancia son: Lirio con 61,775.56, Tule con 5,255.85, e Hidrila con 2,150.92 hectáreas. Particularmente esta última especie llama la atención porque se empieza a hacerse crónica y exhibe una tendencia de corrimiento hacia al sur de su zona de distribución actual en el norte del país.

De acuerdo a la distribución de estas malezas, el lirio debe considerarse como especie exótica de los embalses y lagos del centro del país que además son los más contaminados. Hidrila es netamente una planta exótica no sólo en México sino también en el continente Americano.

Dejando a un lado la comparación de inventarios, en lo que respecta al diagnóstico de los 268 cuerpos de agua, las cifras de infestación para muchos de éstos, debe considerarse como base de referencia, en el sentido de que sus cubiertas con malezas también pueden tener notables variaciones, lo cual obedece a factores de manejo del agua de los embalses, hidrológicos y de cambios de distribución de las malezas particularmente las flotantes por influencia de vientos dominantes.

Esto se explica porque a pesar de que en las fichas del inventario de malezas acuáticas en embalses, se solicitó los reportes de los niveles de infestación en base a la superficie registrada durante lo que se conoce como el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO), las observaciones de campo para determinar las infestaciones pudieron no corresponder a la superficie esperada a este nivel, por lo que las cuantificaciones pueden variar notablemente en tiempo y espacio. Es decir, las cuantificaciones de malezas estuvieron sujetas como se mencionó anteriormente por este comportamiento hidráulico, ya que por extracción de agua para los diferentes usos o porque los embalses no captaron agua en cantidades esperadas por sequía, o por el contrario se captó agua en buena cantidad, se tiene una repercusión en los espejos de agua que a su vez influyen que las cubiertas de malezas se reduzcan o se amplíen. A esto hay que agregar que las poblaciones vegetales también experimentan épocas de mayor o menor crecimiento.

Asimismo las observaciones de campo en algunos cuerpos de agua infestados con lirio acuático, demostraron que el viento juega un papel relevante en la distribución y cobertura las malezas flotantes. Por ejemplo en la presa Solís para establecer el grado de infestación y la distribución del lirio acuático dentro del embalse, se llevaron a cabo visitas sistemáticas que iniciaron en marzo de 1993 y concluyeron en noviembre del mismo año. A partir de los reconocimientos de campo se determinó que los vientos dominantes mostraban dos comportamientos principales que influían en el ordenamiento espacial de las masas de lirio.

El primero de éstos está referido a la influencia de los vientos del oeste que se presentan desde principios de enero hasta abril. La intensidad de estos vientos propician el confinamiento de las masas de lirio en la sección que se encuentra al noreste del embalse, donde alcanzan las máximas densidades y es cuando el lirio ocupa las menores extensiones en la superficie restante del embalse.

Bajo esta situación se estimó que la superficie que ocupaba el lirio acuático en ese entonces, fue del orden de las 1,200 hectáreas.

El segundo de los comportamientos corresponde al cambio de vientos que se efectúa a partir del mes de mayo, donde predominan los vientos del noreste mismos que desplazan las masas de lirio hacia el oeste, ubicándose las mayores coberturas frente a la cortina del embalse. En estas circunstancias la superficie que ocupa el lirio acuático se estimó en 1,600 hectáreas. Sin embargo un aspecto importante a destacar es que durante la baja intensidad de vientos, las cubiertas de lirio se pueden extender tan ampliamente que llegan a cubrir superficies del orden de las 3,000 hectáreas.

Conforme a la información de campo, se concluyó que el grado de infestación es variable, el cual se incrementa notablemente al disminuir la intensidad del viento. La fuerza del viento influye en la distribución y en la densidad de las masas de lirio en forma diaria, pero con un marcado patrón estacional de referencia este-oeste.

En lo que se refiere al diagnóstico de malezas acuáticas en los Distritos de Riego, se puede determinar que cualquier macrofitas vascular que se desarrolle en canales y drenes causa interferencias con el manejo del agua. En lo que se refiere a la cuantificación de malezas en las obras de conducción de las unidades de riego, se consideró conveniente tomar en cuenta su kilometraje, debido a que las superficies afectadas si bien dan dimensión del problema, no son tan representativas en cuanto a que un distrito puede tener una baja superficie de infestación, pero si ésta repartida en secciones estratégicas de canales y drenes, la afectación puede ser considerable.

En los Distritos de Riego se puede establecer una clara distinción de la presencia de malezas acuáticas, así tenemos que en los canales especialmente en las unidades del norte y noreste del país predominan las sumergidas dentro de las cuales destacan en orden de importancia: *Hydrilla verticillata* y *Potamogeton* sp. En tanto que en las unidades de riego del centro de la República predominan las flotantes como lirio acuático.

En cuanto a los drenes el mayor porcentaje de su extensión se encuentra cubierto por tule (*Typha* sp.)

Los Distritos de noroeste de la República son los más afectados por tule y lirio y los Distritos del noreste por hidrila.

◆ **Control Integral de Malezas Acuáticas**

Como se mencionó anteriormente, todos los métodos tienen ventajas y desventajas, sin embargo es importante indicar que estos controles, si bien muy necesarios sólo son una solución parcial, en la medida que no se controle la contaminación y la eutroficación de los sistemas hidráulicos.

Los métodos mencionados se pueden combinar, con lo que se logra obtener resultados más satisfactorios en el manejo de las malezas acuáticas.

Las soluciones al problema de las infestaciones pueden ser de tipo mecánico, biológico y químico, representando varias, alternativas a evaluar, tomando en consideración: costos, eficiencias o rendimientos, además de consideraciones ambientales o ecológicas. La elección de un método o de su aplicación en base a esquemas integrales, debe estar en mucho, en función a las condiciones particulares del cuerpo de agua a atender.

Actualmente se puede establecer que en México, se cuenta con la tecnología necesaria para reducir las malezas acuáticas a niveles manejables. Sin embargo, mientras no se resuelva o disminuyan las causas de contaminación y de eutroficación de los recursos hidráulicos, la continuidad de acciones específicas de control de estas poblaciones vegetales, especialmente bajo esquemas de mantenimiento, son necesarias para impedir su rápida proliferación.

Por otra parte, en cuanto no se encuentre un empleo factible de estos vegetales, la única opción por el momento es su erradicación de las áreas donde representan un problema por lo que se determina como plagas.

Con relación a la tecnología particularmente en el país hasta 1992, el ataque a las malezas acuáticas era limitado y muchas veces aislado.

En el primer caso es porque los controles masivos que necesariamente requerían formas mecánicas, estaban por debajo de la capacidad reproductora de las poblaciones vegetales infestantes. El control hasta antes de esta fecha, solo se hacía por medio de la recolección manual, dragas y eventualmente con lanchas cosechadoras, con bajos rendimientos y altos costos de operación.

En el segundo caso se emprendían de manera espontánea en la mayoría de las ocasiones y ejerciéndose sólo cuando eran apoyadas por instancias gubernamentales, estatales o federales, en las que muchas veces no existía coordinación adecuada y un programa específico de acciones de control.

Con la innovación mexicana de las máquinas trituradoras de lirio acuático en 1986, fecha señalada anteriormente se abrió un capítulo sobre el control de la plaga más difundida e insidiosa del país.

Con la introducción de este tipo de maquinaria fue posible eliminar grandes extensiones de lirio, lográndose la limpieza, aunque eventual, de algunos embalses como son las presas Requena (1988), Rojo Gómez (1991), Endhó (1988), La Vega (1989) y Laguna de Zumpango (1991).

Anteriormente por los medios convencionales de cosecha no se había logrado en forma satisfactoria eliminar, ni siquiera temporalmente el lirio acuático. Las trituradoras en muchos casos, especialmente cuando lo permite la profundidad de los cuerpos de agua que debe ser superior en promedio al 1.50 metros, pueden aventajar a las cosechadoras.

A este respecto Guzzy (1989) para la presa Endhó hace una evaluación en base a modelos matemáticos en los que toma en cuenta el rendimiento de cada una de estas máquinas y la constante de crecimiento de lirio acuático, para determinar la conveniencia de usar, uno u otro tipo de máquina. Sus resultados demuestran que para limpiar al embalse se requeriría de 142 cosechadoras y 50 trituradoras.

En la práctica, la limpieza efectiva de este embalse se llevó a cabo en 1988 con 4 máquinas trituradoras en el término de 6 meses.

Este tipo de modelos predictivos, serían posteriormente desarrollados por el IMTA, con la finalidad de hacer estimaciones más precisas respecto al número de máquinas trituradoras requeridas, el tiempo de operación, así como los costos esperados por unidad de superficie, para el control de lirio acuático en determinados embalses.

Con ésto, no se intenta establecer un favoritismo poco objetivo por las trituradoras, ya que en su contra se puede decir, que sólo permiten el control de lirio acuático y no de otra maleza, lo que si pueden efectuar las cosechadoras, como son las plantas sumergidas. Lo que aquí se quiere destacar, es que con la aparición de las trituradoras, se logró el control masivo del lirio acuático y por ende de malezas.

La cosecha de malezas especialmente con maquinaria, representa un método de gran valor ambiental, debido a que no afecta la calidad del agua de los cuerpos de agua y por el contrario puede incluso mejorarla sustancialmente.

Por otra parte, el control de las malezas acuáticas mediante la aplicación de herbicidas es una de las técnicas más discutidas, ya que si bien logra tener buenas eficiencias de control cuando se aplican periódicamente, también presentan riesgo para los humanos, cultivos, fauna y flora que forman la ecología vinculada al cuerpo de agua donde son aplicados los herbicidas. En cuanto a costos, el control químico puede ser relativamente más barato que el control mecánico o manual.

Sobre las repercusiones ambientales Escobar (s/a), indica al respecto, que los técnicos que están de parte del control químico sostienen que, en un gran número de casos, las concentraciones necesarias de herbicidas para afectar a los peces u otros organismos acuáticos son considerablemente más altas que las necesarias para controlar la maleza. Por ejemplo, el Diquat no resulta tóxico a los peces hasta una concentración de 20 ppmw (partes por millón en peso) lo cual es aproximadamente de 10 a 20 veces la concentración necesaria para inhibir el crecimiento de las plantas. En realidad todos estos aspectos se encuentran en proceso de investigación.

Un punto sobre el cual todos los técnicos e investigadores están de acuerdo, es que los productos químicos, cuando son rociados con periodicidad, ofrecen un control más prolongado que los métodos mecánicos. Además de que pueden ser aplicados a lugares inaccesibles a las máquinas, involucrando menos labor física y por lo tanto menos costos, sin embargo la aplicación de los herbicidas, a los medios acuáticos, con el fin de controlar las malezas, lleva consigo riegos especialmente cuando las aguas son usadas con propósitos domésticos.

El control químico adquirió de relevancia como forma de atención rápida y masiva de control de malezas acuáticas en nuestro país, con la fumigación de las presas Tacotán,

Trigomil y Miraplanes en el Estado de Jalisco, con los herbicidas 2,4-D, Diquat y Glifosato, como controladores de lirio acuático principalmente.

Con los procedimientos desarrollados posteriormente se atendieron las Presas Sólis, Enhó y la Laguna de Zumpango.

De estas aplicaciones químicas, el aspecto más relevante es que se establecieron, las bases técnicas para la aplicación de los herbicidas en gran escala y durante la fase de mantenimiento.

Sin embargo, se demostró también que el control químico por sí sólo, no garantiza la limpieza de los cuerpos de agua. En particular si éste no se emplea en programas de aplicación sistemática.

Por lo que respecta al control biológico, la mayor experiencia que se tiene en México es en el manejo de la carpa herbívora. No obstante su papel como biocontrolador efectivo es limitado debido en gran parte a sus preferencias alimenticias. De aquí que su mayor potencial sea para el control de macrofitas sumergidas como es el caso de hidrila (*Hidrylla verticillata*) en canales de riego.

El escarabajo moteado (*Neochetina* sp.) se introdujo en el país como una alternativa más para el control de la maleza más difundida e insidiosa que es el lirio acuático.

De acuerdo a las observaciones de campo mencionadas anteriormente se establece que el picudo de lirio acuático, se está distribuyendo ampliamente en la cuenca baja de río Lerma.

Su origen es incierto especialmente para las otros cuerpos de agua del Estado de Jalisco como son: La Laguna Colorada y Palo Verde.

En la cuenca baja del río Lerma de acuerdo a los antecedentes de manejo de la especie, se puede establecer que su distribución es artificial como consecuencia de posibles liberaciones no registradas durante su fase de introducción en cuerpos de agua del Estado, o debido a que la especie se propagó a partir de las áreas de estudio piloto.

Pero para la Laguna Colorada y Palo Verde, que hidrológicamente no tienen relación con la cuenca Lerma-Chapala, su distribución aún no está explicada, la cual se presume en cuanto los registros de su liberación no demuestren lo contrario, que en estos cuerpos de agua su presencia es natural, por radiación la especie de otros centros de distribución.

En cuanto a su papel como controlador efectivo de lirio acuático, también es discutible, pues no obstante que se observó que logra afectar notablemente algunas cubiertas, su actividad biológica no parece tener un efecto significativo para reducir la tasa de reproducción de esta maleza flotante. Sin embargo, bajo esquemas de control integrales y de mantenimiento esta especie, puede tener potencial.

7. CONCLUSIONES

La biodiversidad de las macrofitas vasculares que habitan los sistemas limnéticos del país es de significancia, si se toma en cuenta que se tienen registradas hasta el momento alrededor de 138 especies.

La presencia y desarrollo de estas especies en los cuerpos de agua epicontinentales, se considera de relevancia por influir en los flujos de materia y energía, necesarios para el equilibrio de estos ecosistemas.

Por los cambios drásticos y adversos que sufren las cuencas hidrógraficas y los ecosistemas acuáticos, se tiende a reducir este número de especies, siendo pocas las poblaciones de macrofitas vasculares que se adecúan a estos cambios, por lo que experimentan una alta tasa de reproducción y en consecuencia adquieren la condición de maleza.

La presencia de malezas acuáticas en presas, lagos, canales y drenes, interfiere con el aprovechamiento óptimo de los recursos hidráulicos al propiciar su pérdida e interferir con su manejo, además de provocar indirectamente problemas de salud pública a los habitantes asentados en sus alrededores.

De las especies registradas a nivel nacional, son 3 las que destacan por su alta capacidad de adaptación para ocupar rápidamente los medios acuáticos, en orden de importancia son: el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), tule (*Typha* spp.) e hidrila (*Hydrilla verticillata*).

Se identifican 268 cuerpos de agua, con algún grado de infestación por malezas acuáticas.

Las cuencas Lerma-Chapala y Pánuco, por experimentar el mayor manejo del agua y carga contaminante experimentan una infestación crónica por lirio acuático.

Para los Distritos de Riego, del centro y norte de país, registran una notable proliferación de malezas acuáticas, las cuales, interfieren con el funcionamiento y mantenimiento de su infraestructura hidráulica.

En México, se cuenta con experiencia en el control de malezas acuáticas, practicándose acciones que se engloban dentro de los métodos Físicos, Químicos y Biológicos.

Estas experiencias demuestran, que las altas infestaciones se pueden resolver mediante el empleo de métodos que pueden tener una cobertura amplia y que logren disminuir la biomasa a la menor densidad posible.

Se establece que para controlar cualquier maleza, se debe efectuar su destrucción o extracción por arriba de su tasa de reproducción.

Cada uno de los métodos tiene ventajas y limitantes, se considera que las mejores opciones para el control, parten de esquemas de aplicación integral.

Finalmente, se concluye que como estrategia fundamental para lograr mantener las poblaciones de macrofitas se encuentren dentro de lo que se denomina como límites manejables, es necesario aplicar labores de mantenimiento en forma permanente.

8. BIBLIOGRAFIA

- Bates, M., 1970. *The Natural History of Mosquitoes*. Peter Smith, Ltd. Gloucester, Mass. United Estates.
- Bravo, I.L., 1990. Modelo Logístico para Predecir el Control Mecánico del Lirio. En: Díaz, Z.G. et al. *Informe del proyecto: Control de la Eutroficación y Malezas Acuáticas*, CNA., CIECCA. México.
- Comisión Nacional del Agua., 1993. Programa para la Prevención y Control de la Contaminación en México. Lineamientos y Estrategias. *Documento Interno*. México. D.F.
- Comisión del Plan Nacional Hidráulico., 1985. *Frontera Acuícola*. SARH. México.
- Contreras, B.S., 1975. *Malezas Acuáticas. Presa Rodrigo Gómez*. Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León. México.
- Chapa, S.H. 1976. Alteraciones del Medio Ambiente por Malezas Acuáticas. En: *La Proyección del Biólogo en la Vida Nacional*, Coloquio. IPN. México.
- De Bach, P. 1979. *Control Biológico de Plagas de Insectos y Malas Hierbas*. Edit. CECSA. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación del 14 de marzo de 1988. Catálogo de Oficial de Plaguicidas. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación del 19 de agosto de 1990. Catálogo de Oficial de Plaguicidas. México, D.F.
- Díaz, N.A y L. Vargas., 1973. Mosquitos Mexicanos Distribución Geográfica Actualizada. *Rev. Inv. Salud. Pública*. 33:111-125. México.
- Díaz, Z.G. y V. Olvera., 1986. Control Biológico de la *Hydrilla* por el Pez Amur. *Revista Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. I Núm. 4 II Epoca. septiembre-diciembre. México.
- Díaz, Z.G. 1989. Infestación de Lirio Acuático en Ecosistemas Acuáticos. En: *Control y aprovechamiento del lirio acuático en México*. Serie de Divulgación No. 17. IMTA. CNA. SARH. México.
- Escobar, C.E. (s/a). *Manual para el Control Químico de las Malezas Acuáticas*. SARH. México.

- Esquinca, C.F., L.M. Tapia, A.M. Gutiérrez, M.J.M. Herrera y A.M.C. Martínez., 1988. Los Manatís en los Canales de Xochimilco, D.F. Seminario Taller para el Control y Aprovechamiento del Lirio acuático en México, del 18 al 20 de enero. SARH-IMTA.
- Felix, H.A., 1988. Programas de Control de Malezas Aplicados al Lirio Acuático. *En: Seminario-Taller para el Control y Aprovechamiento de Lirio Acuático en México, del 18 al 20 de enero. SARH-IMTA.*
- Garduño, F.C.J., 1983. *Cultivo de Carpa Herbívora (Ctenopharingodon idella, Cuv. et Val.) en Jaulas Flotantes, mediante el Uso de Cuatro Malezas Acuáticas en el Lago de Pátzcuaro, Mich. México. Tesis Profesional. UNAM. México*
- Gerber, K., S.C. Grover., 1987. Effect of *Hirschmanniella caudacrena* on the Sumersed Aquatic Plants *Cerathophyllum dermesum* and *Hydrilla verticillata*. *Journal of Nematology*, 19(4): 447-453. U.S.A.
- Goldman, R.Ch. y A.J. Horne., 1983. *Limnology*. Mc.Graw Hill. New York.
- González, V.I., 1976. El Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*), e Intentos de Erradicación en la Presa Presidente Manuel Avila Camacho, Pue., (Valsequillo, Pue.). *En: Memorias del Symposium sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.*
- Gutiérrez L.E., 1989. Técnicas de Evaluación de Lirio Acuático: Densidad, Cobertura y Crecimiento. *En: Control y Aprovechamiento del lirio Acuático en México. Serie de Divulgación No. 17. IMTA. CNA. SARH. Jiutepec, Mor. México.*
- Gutiérrez, L.E., 1991. Diagnóstico de Control de Lirio Acuático en México. Acciones Futuras. IMTA. Jiutepec, Mor. México.
- Gutiérrez, L.E., 1993. Effect of Glyphosate on Different Densities of Water Hyacint. *J. Aquat. Plant.* 31: 255-257.
- Gutiérrez, L.E., F. Arreguín, R. Huerto, P. Saldaña., 1994. Control de Malezas Acuáticas en México. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. IX, Núm.3, pags. 15-34, septiembre-diciembre. México.
- Guzzy, M.T., 1989. Técnicas para el Control de las Malezas Acuáticas. *Revista Ingeniería hidráulica en México*. Vol. IV, Núm 3. septiembre-diciembre. pags. 9-16 México.
- Haigh, D.M., 1991. The Use of Manaties for the Control of Aquatic Weeds in Guayana. *Irrigation and Drainage Systems*.

- Huffaker, C.B., 1964. *Control Biológico de las Malas Hierbas*. En: DeBach, P. Editor. Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. CECSA. México
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), s/a. Manual de Maquinaria de Conservación en Distritos de Riego. México, D.F.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1989. Control y Aprovechamiento del Lirio Acuático en México. Serie de Divulgación No. 17. IMTA. CNA. SARH. México.
- Krebs, J.Ch., 1985. *Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia*. Edit. Harla. México. D.F.
- Lord, D.R., 1982. *Uso de Plantas Acuáticas para el Tratamiento de Aguas Residuales*. Organización Mundial de la Salud.
- Lot, A., A. Novelo., 1993. *Diversity of Mexican Aquatic Vascular Plant Flora*. 577-591. In: Ramamorthy, et al. 1993. Biological Diversity of Mexico, New York. Oxford.
- Margalef, R., 1980. *Ecología*, Omega. España.
- Milligan, F.H., 1971. Management of Aquatic Vascular Plants and Algae. In: Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives. *National Academic Sciences*. Washington, D.C.
- Morazán, E.F., 1988. Control y Aprovechamiento de Malezas Acuáticas por la Comisión Federal de Electricidad. Seminario Taller para el Aprovechamiento del Lirio Acuático en México, del 18 al 20 de enero. SARH-IMTA.
- Moss, B., 1980. *Ecology of Fresh Waters*. Blackwell. Oxford London.
- Murgel, B.M., 1984. *Limnología Sanitaria, Estudio de la Polución de las Aguas Continentales*. OEA. Washington, D.C. Estados Unidos.
- National Academy of Sciences (NAS), 1980. *Plantas Nocivas y Cómo Combatirlas*. Vol. 2. Ed. LIMUSA.
- Niño, S.S.M. y A. Lot., 1983. Estudio Demográfico del Lirio Acuático *Eichhornia crasipess* (Mart) Solms: Dinámica de Crecimiento en dos Localidades Selectas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. No. 45:71-83. México.

- Novelo, A. y M. Martínez., 1989. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae), Problemática Maleza Acuática de Reciente Introducción en México. *An.Inst.Biol.UNAM, Ser.Bot.* 58:97-102
- Olvera V.V. y G. Díaz., 1984. Control y Aprovechamiento de Malezas Acuáticas en México. Documento interno. SARH-CIECCA.
- Olvera V.V., 1989. Biología y Ecología del Lirio Acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *En: Control y Aprovechamiento del Lirio Acuático en México. Serie de Divulgación No. 17. IMTA. CNA. SARH. México.*
- Olvera V.V., 1990. Estudio de la Eutroficación del Embalse Valle de Bravo, México. Tesis de Maestría. UNAM.
- Olvera V.V., 1993. Ecología de Plantas Acuáticas (hidrofitas), Informe Técnico, SCA. (CIECCA), CTHVI, IMTA. 11 pags
- Palombo, C.R. y M.D., Bitecourt. 1992. Monitoramiento de Plantas Aquáticas por Satélite. *Ambiente Vol 6. Núm 1:49:59. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Brasil.*
- Penfound W.T y T.T. Earle., 1948. The Biology of the Water Hyacinth. *Ecological Monographs.* 18: 447-472.
- Rojas, G.M., 1990. *Manual Técnico Práctico de Herbicidas y Fitoreguladores.* Ed. LIMUSA.México
- Romero, L.F., E. Gutiérrez, G. Díaz., 1988. Control de Lirio Acuático. *Revista de la Sociedad de Ingeniería y Ambiental.* México.
- Romero, R.H., 1988. El Pez de Amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) como Agente Biológico del Lirio Acuático. *En: Seminario-Taller. Control y Aprovechamiento de Lirio Acuático. SARH-IMTA. Juitepec, Mor. México.*
- Romero, L.F., 1989. Modelos Matemáticos de Crecimiento del Lirio y Políticas de Manejo. *En: Control y Aprovechamiento del Lirio Acuático. IMTA-CNA. Serie de Divulgación 17. México.*
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México.* Ed. LIMUSA. México
- Salas, H. y P. Martino., 1990. *Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Calidos Tropicales.* Organización Mundial de la Salud, OPS. Lima Perú.
- Seagrave, Ch., 1988. *Aquatic Weed Control.* Fishing Newes Books Ltd. Farnham, Surrey England.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos., 1981. *Inventario Nacional de Malezas Acuáticas y su Distribución*. CIECCA. Informe Técnico. México.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos., 1982. *Estudio para la Instalación de un Sistema JLP modificado "Tipo Concha" para la Remoción de las Malezas Acuáticas en el Lago de Guadalupe*, Edo. de México. DHTA. México.
- Secretaría Agricultura y Recursos Hidráulico., 1988. *Agua y Sociedad*. México, D.F., pp. 299.
- Secretaría de Pesca., 1988. *Manual Biotecnológico para el Cultivo y Reproducción de Ciprinidos en México*. México, D.F.
- Secretaría de Salud., 1990. *Entomología con Énfasis en Vectores*. Vol. I. México.
- Stodola, J., 1967. *Encyclopedia of Water Plants*. T.F.H. Publications. Neptune City. N.J. E.U.
- Titus, J.R.A., 1975. Goldstein, M. S. Adama, J. B. Mankin, R. V. O'Neill, P. R. Weiler, Jr, H. H. Shugart, R. S. Booth. A., 1975. Producción Model for *Myriophyllum spicatum*. L. *Ecology* 56: 1129-1138
- Universidad Nacional Autónoma de México., 1995. Para Controlar el Lirio Acuático Miembro de la Fes Cuatitlán estudian Micoherbicida. *Gaceta UNAM*, No. 2901. 20 de febrero, México, D.F.
- Vera, H.R.F., J. Medina, D. Flores, J. Rojas., 1980. Control Biológico del Lirio acuático *Eichhornia crassipes* mediante la Carpa Herbívora *Ctenopharingodon idella* (Pices: Cyprinidae) en Estanques controlados. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 7(2):259-274
- Viveros, D.A., 1990. Los herbicidas, aspectos generales. En: Albert, coordinadora. *Los Plaguicidas, el Ambiente y la Salud*. Centro de Ecodesarrollo. México.
- Westerdahl, H.E., K.D. Getsinger. 1988. *Aquatic Plant Identification and Herbicide use Guide*, Vol. II: Aquatic Plants and Susceptibility to Herbicides, Technical Report. A-88-9, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss EU.

FE DE ERRATAS

página 1, párrafo 7, primer renglón

DICE:

en lagos estimada en 14,000 metros cúbicos

DEBE DECIR:

en lagos estimada en 14 kilómetros cúbicos

página 1, párrafo 7, segundo renglón

DICE:

un volumen superior a los 150,000 metros cúbicos

DEBE DECIR:

un volumen superior a los 150 kilómetros cúbicos