

# CONTROL INTEGRAL de Maleza Acuática en DISTRITOS DE RIEGO



**Ovidio Camarena Medrano**  
**José Ángel Aguilar Zepeda**  
**Ramiro Vega Nevárez**  
**José Ramón Lomelí Villanueva**

**CONTROL INTEGRAL**  
**de**  
**Maleza Acuática en**  
**DISTRITOS DE RIEGO**

# **CONTROL INTEGRAL de Maleza Acuática en DISTRITOS DE RIEGO**

**Ovidio Camarena Medrano  
José Ángel Aguilar Zepeda  
Ramiro Vega Nevárez  
José Ramón Lomelí Villanueva**

628.58 Camarena Medrano, Ovidio  
C12 Control integral de maleza acuática en distritos de  
Riego / José A. Aguilar Zepeda, Ramiro Vega  
Nevarez, José R. Lomelí Villanueva  
2da. Edición, Jiutepec :IMTA 2000

162 p.  
Incluye bibliografía  
ISBN:968-7417-33-1  
1. Control de malezas 2. Distritos de riego

Título:

*Control integral de maleza acuática en distritos de riego*

Autores:

*Ovidio Camarena Medrano  
José Angel Aguilar Zepeda  
Ramiro Vega Nevárez  
José Ramón Lomelí Villanueva*

Edición

*Juan Manuel González Camacho*

Producción y diseño de portada:

*Paolo García Gómez*

Fotografía:

*Antonio Olguín  
Esteban Cabrera*

Colaboradores:

*Gilberto Carreón  
Beatriz Guajardo  
Guillermo Larios*

2ª Edición

D.R. © 2000 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, mecánico, eléctrico, de fotocopia, térmico u otros sin permiso del editor.

ISBN 968-7417-33-1

Paseo Cuauhnáhuac 8532  
Col Progreso  
62550 Jiutepec, Morelos

Tel (7) 319 40 00

Impreso en México

# ÍNDICE

	Página
<b>1 EL PROBLEMA DE LA MALEZA ACUÁTICA</b> .....	1
1.1 <i>La maleza</i> .....	1
1.2 <i>Tipo de plantas acuáticas</i> .....	3
1.3 <i>Diagnóstico de la maleza acuática en México</i> .....	5
1.4 <i>Distritos de riego</i> .....	7
1.5 <i>Magnitud de la infestación de maleza</i> .....	9
1.6 <i>Estudios e investigaciones</i> .....	10
1.7 <i>Información técnica. Comunicación</i> .....	11
1.8 <i>Desarrollo o deterioro ecológico</i> .....	12
1.9 <i>Grupos, organizaciones y técnicos relacionados con el manejo de la maleza</i> .....	12
1.10 <i>Recomendaciones</i> .....	13
<b>2 COLECTA Y PRESERVACIÓN DE MATERIAL VEGETAL</b> .....	15
2.1 <i>Consideraciones para la colecta</i> .....	15
2.1.1 <i>Finalidad de la colecta</i> .....	15
2.1.2 <i>Requerimientos para una colecta adecuada</i> .....	16
2.2 <i>La colecta y preservación de ejemplares para herbario</i> .....	17
2.2.1 <i>La colecta</i> .....	17
2.2.2 <i>Preservación del material colectado</i> .....	17
<b>3 CONTROL PREVENTIVO Y CULTURAL</b> .....	23
3.1 <i>Introducción</i> .....	23
3.2 <i>¿Cómo llevar a cabo el control preventivo y cultural?</i> .....	24
3.3 <i>Si no hay obra ni maleza</i> .....	24
3.4 <i>Si se cuenta con la infraestructura pero está libre de maleza</i> .....	26
3.5 <i>Si la maleza ya está establecida pero no ha invadido toda la infraestructura o sólo determinados cuerpos de agua pero no toda la cuenca</i> .....	26
3.6 <i>La maleza infestada indistintamente la mayoría de la infraestructura o toda una cuenca está infestada</i> .....	27
<b>4 CONTROL MECÁNICO</b> .....	31
4.1 <i>Método manual</i> .....	32
4.2 <i>Método mecánico</i> .....	34
4.2.1 <i>Maquinaria pesada</i> .....	35
4.2.1.1 <i>Dragas</i> .....	35
4.2.1.2 <i>Excavadoras hidráulicas</i> .....	35
4.2.1.3 <i>Tractores</i> .....	36
4.2.1.4 <i>Retroexcavadoras</i> .....	38
4.2.2 <i>Equipo ligero</i> .....	38
4.2.2.1 <i>Barra taludadora</i> .....	40
4.2.2.2 <i>Desbrozadoras</i> .....	41

# ÍNDICE

Página

4.2.2.3 Canastilla segadora.....	42
4.2.2.4 Selección de los implementos.....	43
4.2.2.5 Secuencia para la utilización de los equipos ligeros.....	43
4.2.2.6 Recomendaciones generales para la utilización de los equipos ligeros.....	44
4.2.2.7 Conclusiones generales sobre el uso de los equipos ligeros.....	45
4.2.2.8 Otros equipos e implementos.....	46
4.3 <i>Control mecánico de los distintos tipos de maleza</i> .....	46
4.3.1 Maleza terrestre.....	46
4.3.2 Lirio acuático.....	47
4.3.3 Tule.....	47
4.3.4 Hidrila.....	48
4.3.5 Maleza sumergida.....	48
<b>5 CONTROL QUÍMICO</b> .....	<b>51</b>
5.1 <i>Introducción</i> .....	51
5.2 <i>Conceptos generales</i> .....	51
5.3 <i>Antecedentes del control químico de la maleza acuática</i> .....	53
5.4 <i>Importancia y justificación del control químico</i> .....	54
5.5 <i>Medidas para efficientar el control de la maleza</i> .....	55
5.6 <i>Especificaciones del control químico</i> .....	56
5.7 <i>Ventajas del control químico respecto a otros métodos</i> .....	57
5.8 <i>Consideraciones y restricciones del control químico</i> .....	57
5.9 <i>Requisitos para asegurar la efectividad del control químico</i> .....	58
5.10 <i>Herbicidas</i> .....	58
5.10.1 Identificación de los herbicidas.....	59
5.10.2 Clasificación de los herbicidas.....	59
5.10.3 Toxicidad y presencia de herbicidas.....	60
5.10.4 Mecanismos generales de acción herbicida.....	61
5.10.5 Relación herbicida – planta – agua – suelo.....	62
5.10.6 Herbicidas autorizados para el control de la maleza en canales y drenes en México.....	66
5.10.7 Susceptibilidad y selección de herbicidas.....	66
5.10.8 Tecnología y equipo de aplicación.....	67
5.10.9 Tecnología de aplicación de herbicidas.....	68
5.10.10 Uso y manejo seguro de herbicidas e impacto ambiental.....	86
<b>6 CONTROL BIOLÓGICO</b> .....	<b>91</b>
6.1 <i>Plantas acuáticas/maleza acuática</i> .....	91
6.2 <i>Control biológico: el concepto</i> .....	91

# ÍNDICE

Página

6.3	<i>Conceptos ecológicos básicos</i> .....	92
6.4	<i>Antecedentes</i> .....	100
6.5	<i>Características de los agentes de control biológico</i> .....	102
6.6	<i>Control biológico de maleza acuática</i> .....	102
6.6.1	Control biológico de lirio acuático; Generalidades .....	102
6.6.2	Agentes de control biológico de lirio acuático .....	103
6.6.3	Experiencias en el control de lirio acuático en México .....	104
<b>7</b>	<b>CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO</b> .....	<b>107</b>
7.1	<i>Introducción</i> .....	107
7.2	<i>Antecedentes</i> .....	107
7.3	<i>Materiales y métodos</i> .....	108
7.4	<i>Resultados y discusión</i> .....	109
7.4.1	En superficie controlada .....	109
7.4.2	En superficies abiertas .....	111
7.5	<i>Conclusiones de la experiencia en Sinaloa</i> .....	114
<b>8</b>	<b>CONTROL BIOLÓGICO DE LA MALEZA SUMERGIDA</b> .....	<b>115</b>
8.1	<i>Problema de la maleza sumergida</i> .....	115
8.2	<i>Control de maleza sumergida con carpa herbívora</i> .....	115
8.3	<i>Adquisición y traslado de carpa</i> .....	116
8.4	<i>Crecimiento de crías en estanque</i> .....	118
8.5	<i>Crecimiento de crías en canales</i> .....	119
8.6	<i>Selección de canales</i> .....	120
8.7	<i>Evaluación de la infestación de plantas sumergidas</i> .....	120
8.8	<i>Colocación de redes</i> .....	120
8.9	<i>Siembra de carpa</i> .....	121
8.10	<i>Seguimiento de la densidad de maleza</i> .....	121
8.11	<i>Vigilancia</i> .....	121
8.12	<i>Recomendaciones</i> .....	122
8.13	<i>Experiencia del control de la hydrila en el DR 086 Soto la Marina Tamaulipas</i> .....	124
<b>9</b>	<b>CONTROL INTEGRAL</b> .....	<b>129</b>
9.1	<i>Introducción</i> .....	129
9.2	<i>Objetivos</i> .....	129
9.3	<i>Conceptos generales</i> .....	129
9.3.1	Principios, medidas y procedimientos del manejo integrado de la maleza acuática .....	130
9.3.2	Análisis de los aspectos nocivos y benéficos de la maleza acuática .....	131
9.4	<i>Control de la maleza acuática</i> .....	132
9.4.1	Control mecánico.....	132
9.4.2	Control químico .....	134
9.4.3	Control biológico.....	135
9.4.4	Control integrado de la maleza.....	136

# ÍNDICE

	Página
9.5 <i>Estudio de caso del programa de control integrado realizado en el DR 041 "Río Yaqui" Sonora</i> .....	136
<b>10 INVESTIGACIÓN, COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN CON LOS MÓDULOS Y DISTRITOS DE RIEGO</b> .....	139
10.1 <i>Investigación – operación</i> .....	139
10.2 <i>Comunicación y divulgación</i> .....	140
10.3 <i>Programas de control de malezas</i> .....	141
10.4 <i>Convenios de colaboración</i> .....	142
10.5 <i>Coordinación institucional. Establecer equipos de trabajo locales e interdisciplinario</i> .....	143
10.6 <i>Conclusiones</i> .....	144
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	159

## ÍNDICE DE FOTOS

Página

### 1 EL PROBLEMA DE LA MALEZA ACUÁTICA

1.1 Crecimiento excesivo de la maleza .....	1
1.2 Pérdida de eficiencia de conducción debido a la presencia de maleza.....	2
1.3 Presencia de maleza .....	3
1.4 Dique infestado .....	6
1.5 Investigación sobre el control de la maleza .....	10
1.6 Elaboración de videos de comunicación .....	11
1.7 Foro de discusión .....	13

### 3 CONTROL PREVENTIVO Y CULTURAL

3.1 La prevención de la infestación de maleza es el mejor método de control .....	23
3.2 Colocación de un drenaje subterráneo .....	23
3.3 Tramo de canal revestido y sin revestir .....	24
3.4 El conocimiento del ecosistema.....	24
3.5 Colocación del material de vinil .....	25
3.6 Maquinaria con propágulos de maleza .....	25
3.7 Vigilando el funcionamiento y la sanidad de la infraestructura .....	26
3.8 El ganado disemina la semilla de maleza.....	26
3.9 Extracción de maleza sumergida.....	27
3.10 Manejo de infraestructura .....	27
3.11 Agua turbia con cola de caballo.....	28
3.12 Eliminación de maleza marginal .....	28
3.13 Acumulación de azolve .....	29

### 4 CONTROL MECÁNICO

4.1 Vista de una guadaña que se utiliza con mano de obra para control de maleza suave en los taludes de canales y drenes .....	33
4.2 Cortadora de cadena para el control de maleza suave en canales y drenes .....	33
4.3 Algunas herramientas manuales para corte y extracción de maleza .....	33
4.4 Acumulación de azolve causado por el desmoronamiento del material de los taludes por falta de protección .....	34
4.5 Extracción de tule en un dren colector, mediante una draga.....	36
4.6 Extracción de lirio en un canal principal, mediante una draga.....	36
4.7 Excavadora hidráulica trabajando en un canal revestido .....	37
4.8 Extracción del lirio e hidrila en un almacenamiento, mediante una excavadora hidráulica.....	37
4.9 Tractores bulldózer desmontando .....	38
4.10 Alcance de los equipos ligeros .....	39
4.11 Brazo articulado en un dren izquierda, brazo retráctil en un canal revestido derecha .....	39
4.12 Versatilidad del brazo hidráulico tanto para utilizar diversos implementos como para realizar trabajos aún cuando se encuentren presentes cercas .....	40
4.13 Barra taludadora o barra de corte en un canal con maleza suave, izquierda y cortando lirio chino, derecha.....	40
4.14 Desbrozadora de eje horizontal trabajando en un dren.....	41
4.15 Desbrozadora de eje vertical trabajando en la plantilla de un canal excavado en tierra, izquierda y en un canal revestido, derecha .....	42
4.16 Canastilla segadora en un canal, izquierda y en un dren, derecha .....	42

## ÍNDICE DE FOTOS

Página

4.17 Condiciones inconvenientes, izquierda y óptimas de los taludes, derecha, para el uso de los equipos ligeros .....	45
4.18 Equipo de trabajo para extraer lirio acuático de un almacenamiento .....	47
<b>5 CONTROL QUÍMICO</b>	
5.1 Aplicación de herbicidas en la derivadora el "Chiculi" para el control del tule .....	51
5.2 Control total de la vegetación en drenes utilizando herbicidas no selectivos .....	51
5.3 Diferentes especies de maleza acuática compiten y se desarrollan en un mismo hábitat .....	52
5.4 Envases depositados en el D.R. Valle Imperial en California E.U. ....	53
5.5 Propagación y diseminación por medio de la maquinaria .....	54
5.6 Equipo de aplicación con infrarrojo .....	55
5.7 El control será mas efectivo si se conoce la especie y la susceptibilidad. Zacate Teltillo .....	56
5.8 Aplicación de herbicida en canales y drenes .....	57
5.9 Calibración de un aspersor de mochila .....	67
5.10 Estación meteorológica .....	70
5.11 Aplicación y condiciones ambientales .....	75
5.12 Equipo de fertigación que puede funcionar como herbicida .....	78
5.13 Aspersor de mochila aplicando dicamba sobre lirio chino .....	79
5.14 Equipo terrestre de aplicación de herbicidas .....	81
5.15 Calibración de equipo .....	82
5.16 Calibración de equipo en campo .....	83
5.17 Diferentes condiciones de calibración .....	85
5.18 Aplicación de un detergente para lavar la cubierta cerosa del lirio chino .....	86
<b>6 CONTROL BIOLÓGICO</b>	
6.1 Lirio acuático .....	103
6.2 Neoquetino .....	104
6.3 Control mecánico del lirio acuático .....	104
<b>7 CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO</b>	
7.1 Neoquetino y lirio acuático .....	107
7.2 Presa infestada de lirio acuático .....	108
7.3 Parcela testigo .....	110
7.4 Parcela experimental .....	110
7.5 Resultados del control biológico .....	111
7.6 Resultados del control biológico .....	111
7.7 Proceso de control de maleza, dique Hilda .....	112
7.8 Proceso de control de maleza, dique arroyo .....	113
7.9 Derivadora Andrew Weiss .....	113
<b>8 CONTROL BIOLÓGICO DE LA MALEZA SUMERGIDA</b>	
8.1 Carpa herbívora .....	116
8.2 Centro acuícola Tezontepec, Hgo. ....	117
8.3 Traslado de crías .....	117
8.4 Inyección de oxígeno .....	118
8.5 Cría en estanque .....	118

## ÍNDICE DE FOTOS

Página

8.6 Crecimiento en estanques .....	119
8.7 Canales finales .....	119
8.8 Estructura metálica para muestreo de maleza sumergida.....	120
8.9 Redes para evitar la pérdida de la carpa .....	121
8.10 Efectos de la hidrila en canales .....	124
8.11 Control mecánico .....	125
8.12 Desarrollo e infestación de hidrila.....	126
8.13 Canal limpio .....	126
8.14 Crías para la limpieza de estanques.....	127
<b>9 CONTROL INTEGRAL</b>	
9.1 Control integral de maleza en estanques .....	129
9.2 Control natural de maleza .....	130
9.3 Canal infestado en Tamaulipas .....	130
9.4 Dren “Esperancita” en el distrito de riego 041 .....	131
9.5 La maleza evita la erosión de taludes.....	131
9.6 Extracción de tule en Guasave, Sin.....	132
9.7 El equipo pesado se utiliza para la extracción de maleza y azolve de canales y drenes .....	132
9.8 El equipo ligero es más versátil y económico que el equipo pesado, pero no supe a este último .....	133
9.9 Triturador de lirio, conocido como “retador” .....	133
9.10 Cosechador de lirio acuático en la laguna de Yuriria en Guanajuato .....	134
9.11 Tracto camión con aplicador selectivo .....	134
9.12 Seleccionar la maleza a controlar y el herbicida recomendado.....	135
9.13 Aplicación inadecuada de herbicidas.....	136
<b>10 INVESTIGACIÓN, COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN CON LOS MÓDULOS Y DISTRITOS DE RIEGO</b>	
10.1 Trabajos de investigación a mínima escala .....	139
10.2 Trabajos de validación a mayor escala.....	139
10.3 Participación de usuarios y técnicos.....	140
10.4 Participación de usuarios, empleando medios de comunicación .....	140
10.5 Conformación de equipos de trabajo .....	141
10.6 Elaboración de convenios.....	142
10.7 Colaboración entre personal de los distritos de riego y módulos de riego, IMTA y otras instituciones .....	143

## ÍNDICE DE CUADROS

Página

<b>1 EL PROBLEMA DE LA MALEZA ACUÁTICA</b>	
1.1 Maleza acuática en los diferentes cuerpos de agua .....	5
1.2 Maleza acuática por estado .....	7
1.3 Infraestructura de los distritos de riego .....	8
1.4 Necesidad de control de maleza en distritos de riego (conservación diferida) .....	8
1.5 Infestación de maleza en canales, drenes y caminos en los distritos de riego .....	9
<b>4 CONTROL MECÁNICO</b>	
4.1 Características y porcentajes dentro del territorio nacional de canales y drenes .....	32
4.2 Principales características de aplicación de las herramientas manuales descritas ....	34
4.3 Principales tipos de malas hierbas que pueden controlar los implementos .....	43
4.4 Parámetros de rendimientos promedio para trabajos de control de maleza .....	50
<b>5 CONTROL QUÍMICO</b>	
5.1 Herbicidas utilizados para el control de la maleza en canales y drenes, que cuentan con registro en México ante la CICOPAFEST .....	66
5.2 Cobertura y volumen de aplicación con base a tamaño de gota y constante .....	73
5.3 Tamaño de gota de aspersiones con boquillas hidráulicas de abanico con diferente ángulo de presión .....	74
5.4 Ejemplo 1. Velocidad de caída y distancia derivada considerando una velocidad del viento de 3.6 km./h y una altura de emisión de un metro .....	76
5.5 Ejemplo 2. Velocidad de caída y distancia derivada considerando una velocidad del viento de 3.6 km./h y una altura de emisión de 3 metros.....	76
<b>7 CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO</b>	
7.1 Limpia de los principales cuerpos de agua de los D.R. 010 y 074 en Sinaloa .....	114
<b>8 CONTROL BIOLÓGICO DE LA MALEZA SUMERGIDA</b>	
8.1 Siembras de Carpa en el D.R. 086 .....	127
8.2 Costos de control .....	128

# ÍNDICE DE LÁMINAS

Página

<b>1 EL PROBLEMA DE LA MALEZA ACUÁTICA</b>	
1.1 Factores que contribuyen a la alteración del ecosistema .....	2
1.2 Clasificación de la maleza .....	4
<b>2 COLECTA Y PRESERVACIÓN DE MATERIAL VEGETAL</b>	
2.1 Prensa de campo .....	18
2.2 Prensa de laboratorio.....	18
2.3 Prensado.....	19
2.4 Horno secador .....	20
<b>4 CONTROL MECÁNICO</b>	
4.1 Lancha con escarda.....	49
<b>5 CONTROL QUÍMICO</b>	
5.1 Ejemplo de una etiqueta con información necesaria para la identificación de los herbicidas.....	58
5.2 Movimiento del herbicida en la planta.....	61
5.3 Ejemplo de un producto comercial.....	68
5.4 Formulación de plaguicida .....	69
<b>6 CONTROL BIOLÓGICO</b>	
6.1 Relación de un ecosistema.....	93
6.2 Diagrama esquemático de la pirámide energética con los distintos niveles tróficos representando la cadena alimenticia .....	94
6.3 Diagrama esquemático de flujo de energía y su distribución en el ecosistema .....	94
6.4 Hábitat y nicho .....	96
6.5 Representación gráfica de dos tipos de relación entre especies.....	97
6.6 Depredación .....	98
6.7 Proceso de la degradación de los suelos .....	99
6.8 Perfil del desarrollo de una charca a partir de un lago .....	100
6.9 Diagrama esquemático de los cambios sucesionales a partir de distintos puntos de origen .....	100
<b>7 CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO</b>	
7.1 Evolución de los neoquetinos .....	109
7.2 Relación entre biomasa y número de insectos en el Dique Batamote .....	112
7.3 Relación entre biomasa y número de insectos en el Dique Hilda.....	113

## ÍNDICE DE ANEXOS

Página

1. Maleza acuática en cuerpos de agua .....	145
2 Maleza acuática en distritos de riego .....	153
3. Parámetros de rendimientos promedio para trabajos de control de maleza .....	155
4. Especies, dosis, efectividad de los herbicidas autorizados y evaluados en E.U.A. para la maleza acuática y terrestre que infesta los canales y drenes de los distritos de riego en México .....	157

## INTRODUCCIÓN

En los distritos de riego, el combate de maleza acuática se realiza periódicamente aplicando métodos tradicionales. La infestación es eliminada cuando el servicio de entrega no se efectúa en forma aceptable. La maleza se desarrolla progresiva o rápidamente según las condiciones climáticas, sin embargo la operación de las obras se ve afectada al poco tiempo de aplicar el control mecánico o químico. Esto ocasiona que los costos de conservación aumenten día con día.

Por otro lado, eliminar el lirio acuático (*Eichhorina crispes*) en los canales el problema se puede hacer más complejo con el desarrollo explosivo de la maleza sumergida. También existe un nuevo problema provocado por la selección de especies por efecto del control químico y mecánico como *Hymenocallis sonoresis* (planta marginal) que por este proceso se ha convertido en una maleza muy agresiva en el Noroeste del país. Finalmente la introducción de especies exóticas como la hidrila (*Hydrilla verticillata*) que se reproduce explosivamente, representa un serio peligro para los cuerpos de agua del país, actualmente esta especie afecta estados fronterizos, Baja California y Tamaulipas principalmente.

Desde 1992 la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del IMTA, ha desarrollado conjuntamente con distritos y módulos de riego programas de control de maleza en un proceso de investigación, validación y transferencia de tecnología para promover un cambio de visión sobre el control de la maleza.

En este proceso se han integrado centros de investigación como la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el Colegio de Postgraduados, la Universidad Autónoma de Sinaloa y Centros Acuícolas (Tezontepec, Hgo. Vicente Guerrero, Tam. y El Varejonal, Sin.) con lo que se han aumentado los recursos técnicos, económicos y humanos: El propósito es desarrollar equipos de trabajo en el ámbito local, estatal, regional y nacional.

Se trata no sólo de combatir la maleza año con año, soportando sus efectos nocivos prácticamente durante todo el ciclo agrícola, sino de reducir la infestación y evitar su crecimiento acelerado y excesivo. Un manejo integral basado en el control biológico permite reducir la infestación de lirio acuático y la maleza sumergida, limitando o restringiendo su crecimiento por periodos mayores a un año.

El presente curso y el material de apoyo pretende difundir la idea de control y manejo en la maleza acuática considerando como eje conductor las experiencias obtenidas en los distritos de riego.

## 1 EL PROBLEMA DE LA MALEZA ACUÁTICA

### 1.1 La maleza

Las plantas acuáticas o terrestres tienen un papel primordial en los diferentes ecosistemas y sólo se habla de ellas como maleza cuando por un crecimiento excesivo afectan el equilibrio, hasta entonces existente o alteran las actividades del hombre. En los cuerpos de agua continentales, en los distritos de riego en particular, la maleza perjudica el aprovechamiento y almacenamiento, así mismo, afectan la operación de canales y drenes, como lo muestra la foto 1.1



Foto 1.1 Crecimiento excesivo de la maleza.

#### ¿Qué origina el desarrollo explosivo de las plantas?

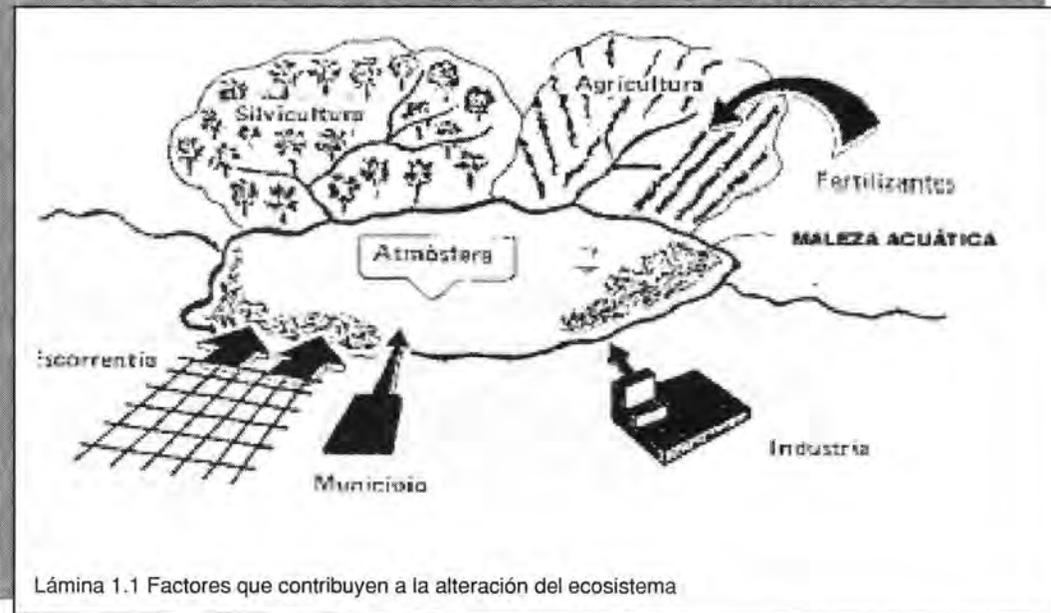
El crecimiento desmedido de las plantas se ocasiona por la alteración del ecosistema. Son las diferentes actividades del hombre, principalmente, las que afectan dicho ecosistema.

La sobreexplotación de los recursos, como la deforestación, ha ocasionado transformaciones enormes y erosionado vastas extensiones de las diferentes cuencas del país, ocasionando un deterioro general y un paulatino azolvamiento de los diferentes embalses. La calidad del agua se ve afectada en este proceso. Además en los diferentes almacenamientos y redes de conducción del agua van a dar la mayoría de los desechos de las explotaciones agropecuarias (herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, estiércol etc.); de las industrias o agroindustrias y de las ciudades o poblaciones aledañas (con prácticamente nulo tratamiento). La lámina 1.1 muestra algunos de los factores señalados en el proceso de afectación al ecosistema.

Todos estos factores provocan un excedente de nutrientes en el agua dando como resultado un "envejecimiento acelerado de los embalses" conocido como eutroficación. La presencia de maleza acuática es un indicador de este fenómeno.

Otra alteración importante al ecosistema es la introducción de plantas exóticas como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y la hidrila (*Hydrilla verticillata*) que por sus características fisiológicas y reproductivas han encontrado en México las condiciones propicias para su desarrollo afectando e incluso desplazando a las especies nativas.

En los cuerpos de agua continentales la maleza ocasiona diversos tipos de problemas:



**Físicos:**

- Pérdida de agua por efecto de evapotranspiración (afecta la disponibilidad de agua y, en algunos casos la generación de energía). Dependiendo del grado de infestación, de la época del año, del vigor de la planta, entre otros factores, la evapotranspiración puede ser de 1 a 4 veces mayor que la simple evaporación.
- Reduce la eficiencia de conducción afectando los riegos tanto en cantidad como en oportunidad de aplicación, foto 1.2.
- Disminuye la disponibilidad de agua para uso doméstico.
- Reduce la eficiencia de drenaje y favorece, el proceso de ensalitramiento de los suelos.
- Incrementa la sedimentación y contribuye a la disminución de la capacidad y vida útil de almacenamientos.
- Impide el funcionamiento óptimo de presas hidroeléctricas.



Foto 1.2 Pérdida de eficiencia de conducción debido a presencia la maleza.

### Ecológicos:

- Incrementa la cría de roedores que afectan los sistemas de conducción y drenaje convirtiéndose en plaga de cultivos.
- Altera los ecosistemas y favorece la eutroficación de los embalses.

### Económicos:

- Afecta a la acuicultura y la economía de las familias.
- Impide o limita las diferentes actividades recreativas que puedan practicarse como la cacería, pesca y natación.
- Puede ocasionar inundaciones.
- El presupuesto de conservación que se destina a los cuerpos de agua, para el control de las malezas es alto y generalmente insuficiente.



Foto 1.3. Presencia de maleza.

- La falta de agua en los cultivos en épocas críticas puede ocasionar disminución de rendimiento y producción mayor al 50%.

### Salud:

- Favorece la creación de hábitats para el desarrollo de los insectos vectores de enfermedades.

### 1.2 Tipo de plantas acuáticas

De acuerdo al lugar que ocupan las plantas en el cuerpo de agua se clasifican en:

#### Plantas flotantes

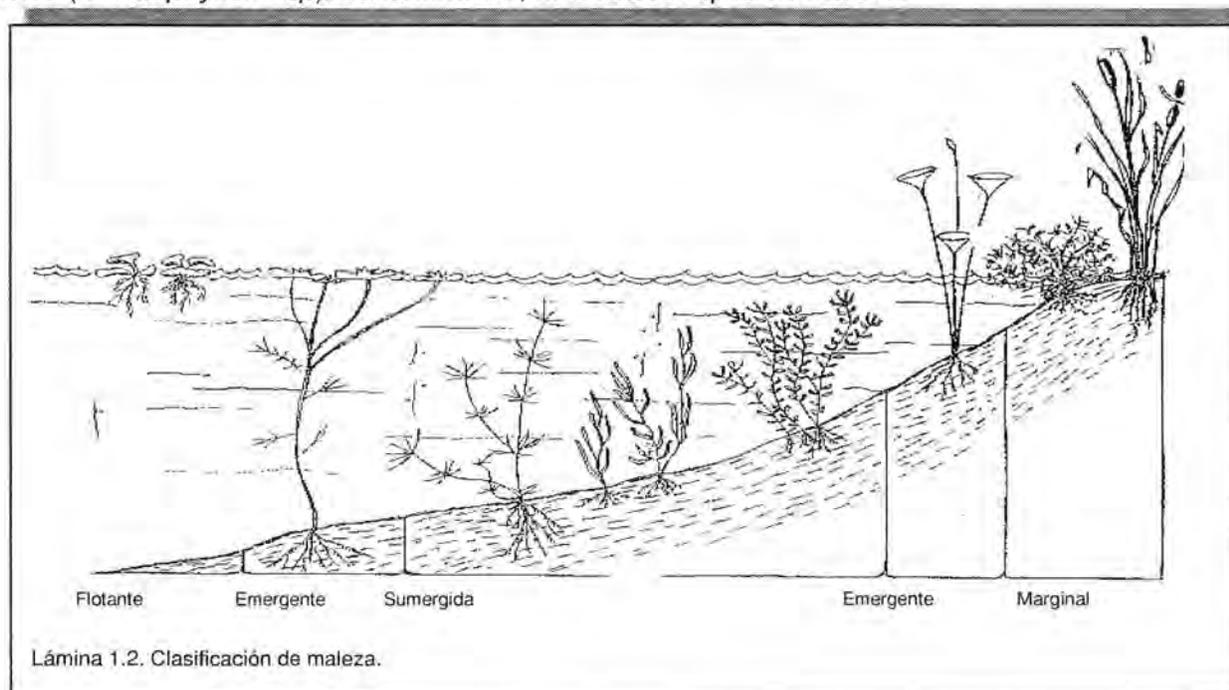
El sistema radicular de este grupo pende ligeramente en el agua. Para su desarrollo necesita agua que contenga elementos nutritivos suficientes; también influye la presencia de partículas de limo y arcilla en el agua. Como malas hierbas prosperan principalmente en agua en calma, con poca corriente. Ejemplo: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna sp*), lechuga de agua (*Pistia sp*) y helecho de agua (*Salvinia rotundifolia*)

### Plantas flotantes (Enraizadas al fondo)

Estas plantas enraizan en el fondo del canal y las hojas flotan horizontalmente sobre el agua. Sus tallos, comparativamente delgados, apenas presentan obstáculos al flujo de agua; sus hojas, generalmente grandes, impiden el paso de la mayor parte de la luz evitando el crecimiento de otras plantas acuáticas. Su eliminación puede ocasionar que prosperen plantas sumergidas más desfavorables. Estas plantas son severamente afectadas al sacarse los cuerpos de agua temporalmente. Ejemplo: Nenufar (*Nymphaea sp*)

### Plantas sumergidas (Enraizadas al fondo con follaje sumergido)

Estas plantas crecen completamente bajo el agua, aunque a veces las flores emergen del agua. Pueden existir, incluso, en aguas con una profundidad de varios metros, siempre que el agua sea suficientemente clara. Como maleza ocasionan serios trastornos para el aprovechamiento de los cuerpos de agua. La sequía las afecta severamente pero hay algunas especies como la hidrila que tiene mecanismos de resistencia. Ejemplo: hidrila (*Hydrilla verticillata*), elodea (*Elodea sp*), cola de caballo (*Potamogeton sp*), najas (*Najas sp*) y cola de mapache o cola de zorro (*Ceratophyllum sp*). La lámina 1.2, muestra los tipos de maleza.



### Plantas emergentes (Enraizadas al fondo con follaje emergente)

Las plantas emergidas tienen sus raíces en el suelo del fondo de la zanja y sus partes aéreas emergen del agua. Los tallos de estas malas hierbas son muy tenaces y la presencia de las grandes cantidades impide, evidentemente, el flujo del agua. Como estas malas hierbas sólo pueden crecer en agua superficial (de 50 a 100 cm. de profundidad), puede impedirse su desarrollo haciendo los embalses más profundos y los taludes más pronunciados. Ejemplo: *Typha sp.*, *Sagittaria sp.* y *Aligator sp.*

### Plantas marginales (Enraizada a lo largo de las orillas de los cuerpos de agua)

Estas plantas viven en agua o en suelos húmedos. Aquéllas que pueden causar más problemas en los canales de riego y drenaje, son las que pueden formar renuevos que flotan en el agua y forman eventualmente una capa de vegetación espesa; esto ocurre generalmente donde el nivel de agua es constante y los taludes son pronunciados. El crecimiento de estas plantas puede impedir seriamente el flujo del agua por los canales y drenes. Ejemplos son: *Panicum sp* y *Paspalum sp*.

### Plantas terrestres (Bordean embalses, canales y drenes).

Este grupo incluye prácticamente todas las malas hierbas que se encuentran en la explotación agrícola. Por su abundancia y perjuicio adquieren importancia: huizache (*Acacia farmeciana*, *Acacia Amantacea*), mezquite (*Prosopis juliflora*) y zacate panizo (*Panicum repens*).

### 1.3 Diagnóstico de la maleza acuática en México.

El inventario nacional de maleza acuática realizado en 1981 por la SARH, presenta resultados necesarios para la comprensión del problema que representa. (Cuadro 1.1)

Cuadro 1.1 Maleza acuática en los diferentes cuerpos de agua (ha)

ESPECIES	CUERPOS DE AGUA						%
	LAGUNAS	PRESAS	CANALES Y DRENES	RÍOS	ZONAS PANTANOSAS	AREA	
LIRIO ACUÁTICO <i>Eichhornia crassipes</i>	12,360	12,054	2,326	23	13,500	40,263	35.05
PASILLA <i>Ruppia marítima</i>	34,384					34,384	29.94
TULE <i>Typha sp</i>	22,495	2,590	942	20		26,047	22.68
COLA DE ZORRO <i>Ceratophyllum sp</i>	6,687		7			6,694	5.83
HELECHO ACUÁTICO <i>Salvinia sp</i>	1,792	4,680				6,472	5.63
COLA DE CABALLO <i>Potamogeton sp</i>	400		62	11		473	0.41
LECHUGA DE AGUA <i>Pistia stratiotes</i>	230					230	0.20
HIDRILA <i>Hydrilla verticillata</i>	12	125				137	0.12
CHILILLO <i>Polygonum sp</i>		96				96	0.08
TRAPA <i>Trapa natans</i>	65					65	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>78,425</b>	<b>19,545</b>	<b>3,337</b>	<b>54</b>	<b>13,500</b>	<b>114,862</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: México SARH Departamento de Control de Aprovechamiento de Malezas Acuáticas (1981).

La infestación en presas, canales, drenes, lagunas, zonas pantanosas, ríos y arroyos de la República Mexicana según el estudio tenían una superficie aproximada de 114,862 ha, como se aprecia en la foto 1.4.



De acuerdo a dicho estudio, de la infestación total de maleza, las lagunas contaban con 68.28%, las presas 17.02%, las zonas pantanosas el 11.75%, los canales y drenes el 2.91%, y los ríos sólo el 0.05%.

El lirio acuático y el tule eran las plantas más uniformemente distribuidas en el territorio nacional.

El tule se encuentra en la mayoría de los estados donde además existe el lirio acuático formando colonias. La pasilla sólo se encuentra en dos estados.

En las lagunas la pasilla era la más abundante, le seguía el tule y el lirio y en menor infestación la trapa e hidrila. En las presas predominaba el lirio acuático. En los canales y drenes, el lirio y el tule eran las más frecuentes. En los ríos estas plantas se encontraban en menores cantidades.

Los estados de Veracruz, Tamaulipas y Jalisco contenían la mayor variedad de plantas acuáticas. En los estados de Baja California Norte y Sur, Chihuahua, Coahuila y Zacatecas no había maleza en sus embalses, donde el escaso aporte pluvial origina un clima árido y semiárido.

En los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas tampoco existía maleza acuática, por los escasos cuerpos de agua naturales y la poca construcción de obras de almacenamiento.

La infestación más abundante y problemática se encontraba en los estados de Veracruz, Tabasco y Tamaulipas comparable a la registrada en las presas del resto del país, principalmente en los estados de Sinaloa y Sonora, cuyo mayor porcentaje de invasión se localizaba en dichos embalses y en los canales y drenes de los distritos de riego como se aprecia en el cuadro 1.2.

Para el control de la maleza se utilizaba comúnmente el método manual, siguiéndole en importancia el mecánico y el químico. El control biológico ni siquiera se mencionaba.

El aprovechamiento de la maleza acuática, salvo producción artesanal en algunas regiones y algunos en programas experimentales, era nulo en el país.

Este estudio, representa un intento de gran valía para el análisis y una referencia de 1981 indispensable para cualquier otro estudio al respecto.

En 1996, la Subgerencia de Conservación de la CNA realizó el inventario (1992-1994) sobre

los cuerpos de agua y la infestación de maleza. A este estudio se agregaron algunos otros cuerpos de agua, resultando una infestación total de 69,841 ha que representa el 18 % de la superficie inundable, ver anexo 1.

Cuadro 1.2. Maleza acuática por estado

ESTADO	ÁREA (ha )	%
VERACRUZ	47,205.96	41.10
TAMAULIPAS	25,896.97	22.55
TABASCO	12,500.00	10.88
EDO. DE MÉXICO	6,240.00	5.43
JALISCO	4,808.90	4.19
GUANAJUATO	4,325.00	3.77
SINALOA	3,615.00	3.15
MICHOACAN	2,190.00	1.91
PUEBLA	2,100.00	1.83
HIDALGO	1,764.00	1.54
SONORA	1,253.00	1.09
COLIMA	1,000.00	0.87
DISTRITO FEDERAL	560.00	0.49
DURANGO	407.01	0.35
GUERRERO	315.00	0.27
AGUASCALIENTES	256.00	0.22
NUEVO LEÓN	175.00	0.15
QUERÉTARO	105.00	0.09
TLAXCALA	61.40	0.05
NAYARIT	50.00	0.04
OAXACA	30.20	0.03
MORELOS	3.80	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>114,862.24</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: México SARH Departamento de Control y Aprovechamiento de Malezas Acuáticas (1981)

Se presenta la información por cuerpo de agua que ha desarrollado la Comisión Nacional del Agua para que sea el punto de partida de futuros análisis.

#### 1.4 *Distritos de riego.*

En los distritos de riego el problema de la maleza acuática representa un grave problema para su aprovechamiento. La CNA ha tenido la responsabilidad de su control desde su creación. Con el proceso de transferencia de los distritos a los usuarios, la responsabilidad será compartida con los productores, que se encargarán en una primera fase, de la red menor y posteriormente también de la red mayor.

De acuerdo a la información de la Gerencia de los Distritos y Unidades de Riego (GDUR) de la CNA, para 1992, los distritos de riego en México disponían de 134 presas de almacenamiento, 385 presas derivadoras, 400 plantas de bombeo y 2,527 pozos con las que se domina 3,554,536 ha y se riegan 3,012,421 ha en beneficio de 522,198 usuarios. El cuadro 1.3, señala la infraestructura de los distritos de riego.

Esta infraestructura y la que se construye requiere trabajos de conservación y mantenimiento. El control y manejo de la maleza en particular, tiene un peso importante en cuanto al manejo y disponibilidad del agua y en cuanto a los costos que implica su incidencia y control.

Cuadro 1.3. Infraestructura de los distritos de riego.

	Superficie (km)	Revestidos de concreto %	Mamposterías %	Sin revestir %	Pavimentados %	Principales %	Secundarios %
Canales principales	11,344.6	40.7	6.7	52.7			
Canales secundarios	32,713.5	34.4	3.0	62.6			
Drenes	29,396.4					29.8	70.2
Caminos de acero y apoyo	58,094.3	41.5		53.4	5.1		

Se destaca que más del 50% de canales principales y secundarios están sin revestir, lo que se traduce en pérdidas del agua.

FUENTE: México, SARH. Gerencia de Distritos de Riego, 1991.

La extracción de plantas acuáticas de conservación normal en 1991, para canales y drenes, fue de 4,996.63 ha con un costo de 10,148.97 millones de pesos, (esto es \$2,000.00 por ha) afectando básicamente a 10 distritos de riego. El combate de plantas terrestres fue a 32,611.40 ha con una inversión de 14,421.82 millones de pesos (\$442.23 por ha), afectando a 39 distritos. Es decir se requiere de 4.5 veces más inversión por hectárea para el control de la maleza acuática que terrestre.

La verdadera magnitud del problema se comprende al agregar la conservación diferida, que son los trabajos necesarios (en este caso control de maleza) pero que por falta de recursos no se realiza. (Cuadro 1.4)

La incidencia total de maleza acuática en canales y drenes (que no se combatió) para ese año, fue de 21,393 km, estimando un costo de extracción de 16,415 millones de pesos (\$767.30 por km). La presencia de plantas terrestres fue de 36,893 km con un costo estimado de 24,342 millones de pesos (\$659.79 km). Ante esta situación la labor de control se vuelve cada día más compleja y costosa.

Cuadro 1.4. Necesidad de control de maleza en distritos de riego (Conservación diferida), 1991.

CONCEPTOS	Km	Ha	COSTO TOTAL (millones \$)
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN:</b>			
Extracción de plantas terrestres	19,738	19,849	10,804
Extracción de plantas acuáticas	10,448	9,965	7,649
<b>RED DE DRENAJE:</b>			
Extracción de plantas terrestres	17,155	21,916	13,938
Extracción de plantas acuáticas	10,745	9,424	8,766
<b>RED DE CAMINOS:</b>			
Extracción de plantas terrestres	8,157	5,279	4,145

FUENTE: México, SARH . Gerencia de Distritos y Unidades de Riego,1991.

Al comparar la infestación de maleza acuática en canales y drenes que fue de 3,337 ha del estudio de 1981, con las necesidades planteadas en la conservación diferida en los distritos de riego del país que asciende a 21,393 ha de 1991, se constata un crecimiento explosivo de 641%.

La maleza acuática, en 1991 infestaba el 25 % de canales, 37 % de drenes; y la maleza terrestre el 25 % en canales, el 58 % en drenes y 14 % en caminos. (Cuadro 1.5).

La idea fundamental de esta información desglosada es dar una visión global y particular que es conveniente actualizar periódicamente y de ser posible con mayor precisión por distrito y de ser factible por módulo de riego.

Cuadro 1.5. Infestación de maleza en canales, drenes y caminos en los distritos de riego (km). 1991

CONCEPTO	EXISTENTE	LIRIO	HIDRILA	TULE	ACUÁTICA TOTAL	%	TERRESTRE	%
Canales	44,058	10,448	538		10,986	25%	19,738	25%
Drenes	29,396			10,745	10,745	37%	17,155	58%
Caminos	59,084						8,157	14%

En 1996 la Subgerencia de Conservación de la GDUR realizó una revisión del problema de la maleza en los distritos de riego en la que se registran 9,840 km de canales infestados (20% del total) y 14,206 km de drenes infestados (48 % del total), ver anexo 2.

### 1.5 Magnitud de la infestación de maleza.

Uno de los problemas básicos es la definición de la magnitud real del problema. La infestación de maleza es muy variable, en el tiempo y el espacio, por las propias características de las plantas y su respuesta a los cambios de las condiciones ambientales a lo largo del año, además del control que se lleva a cabo. Por otra parte, no se tiene una metodología eficaz y totalmente confiable para recabar dicha información.

La CNA en cada entidad aporta información, sin embargo, al transferir los distritos a los usuarios se pierde mucho del acercamiento al problema de la maleza. La Subgerencia de Conservación de la CNA, quien manejó el Programa de Control de Maleza Acuática PROCMA, de 1995 a 1996 concentró la información por medio de un formato elaborado, para determinar la infestación. Sus resultados representan la base para su futuro seguimiento.

La información que se presenta, tiene la finalidad de establecer un parámetro de comparación y poder evaluar la evolución que ha sufrido la maleza. Así, por ejemplo, como en los canales se aprecia un crecimiento superior a 641 % en 10 años, también se observa fuertes variaciones en la infestación de ciertos cuerpos de agua como el Lago de Chapala. Según lo indicado en el diagnóstico de 1981, Jalisco tenía una infestación menor a 5,000 ha y en los años noventa se llega a reportar hasta más de 20,000 ha sólo en el lago de Chapala. En 1997 el lago contaba únicamente con 365 ha de lirio lo que nos reduce la infestación nacional (mostrada en el anexo1) a 49,230 ha.

La infestación de maleza es muy variable en el tiempo, por infinidad de factores. En ocasiones la maleza se incrementa y en otras disminuye por efectos climáticos. También varía por las acciones del hombre. Por ejemplo, en el distrito de riego 010 bajo un programa de control integral basado en el método biológico, empleando insectos desde 1994, se ha disminuido sensiblemente la infestación del lirio acuático en presas, diques y canales.

Con la finalidad de precisar la información de las características de los cuerpos de agua y de mejorar tanto el aspecto de control como de seguimiento de la infestación es de fundamental importancia establecer un equipo de trabajo interinstitucional en el ámbito nacional y regional, que dé cuenta del problema de la maleza en forma periódica.

### 1.6 Estudios e investigaciones.

En México, se han realizado numerosos estudios e investigaciones relacionadas con la maleza (foto 1.5), sin embargo, las referidas al control y manejo de la maleza no han tenido la continuidad necesaria. Se ha estudiado el control del lirio y su posible uso y agroindustrialización, pero no han rebasado el nivel experimental y con el tiempo se abandonan. Pocos son los investigadores que han mantenido una línea constante de trabajo al respecto.

Por otro lado, no existe un organismo regulador de este proceso de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica. Al respecto, el IMTA, a través de dos de sus coordinaciones busca, de alguna manera, cubrir esta deficiencia. No obstante es claro que se requiere una acción conjunta de instituciones, investigadores, compañías y organizaciones sociales.



Foto 1.5. Investigación sobre el control de la maleza

Es fundamental como estrategia establecer equipos de trabajo regionales que permitan desarrollar un proceso de investigación en los propios cuerpos de agua, en particular en los distritos de riego, con la finalidad de proponer la participación de dependencias, técnicos, usuarios y población en general. Las experiencias de técnicos y poblaciones locales son básicas para la dirección de las líneas de investigación.

La información que se genera con los estudios e investigaciones de universidades y centros de investigación, en muchos casos, no llega a tener una aplicación directa en el manejo de la maleza, lo cual desde luego no le resta importancia. Es necesario interactuar con los centros de educación e investigación, de manera que su información sea aplicable, en la medida de las posibilidades y que sus propios proyectos y actividades puedan incidir directamente en la problemática específica de cada región.

Existe la necesidad de una infinidad de estudios sobre: la identificación y biología de las plantas, los métodos de control (manual, mecánico, químico y ambiental), el impacto económico y ecológico de las infestaciones y su control. Desgraciadamente, también existe poco interés en la realización de este proceso, se busca en la mayoría de los casos resultados inmediatos e impactantes por cuestiones políticas e intereses económicos.

De esta manera, los costos de la investigación no son valorados adecuadamente y por lo general se consideran un gasto inútil. Es importante bajo la estrategia de la participación de los propios beneficiarios, que comprendan que el proceso de la investigación en la propia operación de los distritos de riego sobre el control de maleza, permitirá no sólo recuperar las inversiones realizadas, sino obtener beneficios mayores. Es decir, la investigación va de la mano: del desarrollo, de la reducción de costos de control, de mayor disponibilidad de agua, de mejor eficiencia de su explotación y de mejoras ecológicas. Así, la inversión que se realice en la investigación regional se vuelve redituable, ya sea a mediano, corto o largo plazo.

### **1.7 Información técnica. Comunicación.**

La población y los beneficiarios de los diferentes cuerpos de agua, tienen un conocimiento y un interés sobre sus recursos. En general, el problema de la maleza no les resulta claro ni de interés, hasta que se convierte en un impedimento para el aprovechamiento de sus recursos. Sólo se piensa en el combate de la maleza y no en su manejo, menos aún en su prevención.

Personal técnico de los distritos de riego que tiene que ver con el aprovechamiento de los cuerpos de agua, ha tenido que enfrentar el problema de la maleza en condiciones sumamente precarias, en la mayoría de los casos con insuficiente maquinaria, pocos recursos económicos y escaso personal, sobre todo en los últimos años. De esta manera, por lo general, se recurre a los métodos tradicionales que se vienen usando sin una búsqueda adecuada de mejores métodos de control. Ante esta situación, el problema de la infestación se hace cada día más grande y los costos de control también se incrementan.

Al transferir los distritos de riego a los usuarios, éstos buscan reducir dichos costos. Se hace indispensable la investigación en la propia operación de los cuerpos de agua (almacenamientos, canales y drenes). Al mismo tiempo en este proceso, la comunicación adquiere un papel relevante para transferir la tecnología generada y establecer estrategias de control más adecuadas, foto 1.6.



Foto 1.6. Elaboración de videos de comunicación

En la medida en que se vayan desarrollando estudios e investigaciones de las plantas acuáticas y se vayan obteniendo mejores técnicas de prevención y control, deben plantearse y desarrollarse programas de comunicación efectivos para hacer partícipe a la población en general. Esto es muy evidente en el caso del programa de control biológico de maleza sumergida con carpa herbívora, ya que es indispensable contar con la participación de la población para evitar la pesca.

Los programas de comunicación deben transmitir la problemática de la maleza acuática, sus métodos de control, los proyectos y estrategias.

### **1.8 Desarrollo o deterioro ecológico**

Sin entrar en polémicas o caer en el extremo de que todo lo malo es cuestión del sistema de desarrollo mexicano, en que lo que predomina es el capital, en los últimos años ha sido muy recurrente el interés por la cuestión ecológica, por lo menos en el discurso. Sin embargo, el desarrollo nacional más bien ha ido a la par con el deterioro ecológico que de alguna manera se refleja en el problema de la maleza.

Cada día aumenta el uso de agroquímicos en los campos agrícolas, los desechos de las explotaciones agropecuarias y de las poblaciones ocasionando alteración en la calidad del agua. La tala inmoderada, los cambios del uso del suelo sin mayor estudio, las explotaciones intensivas irracionales ocasionan también severos daños ecológicos que afectan negativamente los diferentes cuerpos de agua.

Los esfuerzos deben encaminarse en buscar un desarrollo tecnológico que no afecte negativamente el medio y favorezca la conservación de los recursos con su mejor aprovechamiento. En ese sentido hay mucho que hacer, no sólo para combatir y manejar la maleza acuática en los cuerpos de agua del país ya infestados, sino para frenar la infestación de plantas exóticas o agresivas en los cuerpos de agua que aún no se encuentran infestados.

En esta labor se deben de desarrollar programas que contemplen el manejo racional de los diferentes ecosistemas. En estos programas y en particular en los de control y manejo de la maleza acuática deben participar diferentes instituciones educativas, de investigación y desarrollo; de diferentes compañías de maquinaria y productos químicos; del gobierno federal, estatal y municipal y desde luego de los propios beneficiarios de los cuerpos de agua y población en general.

### **1.9 Grupos, organizaciones y técnicos relacionados con el manejo de la maleza.**

Uno de los principales problemas observados a lo largo de la historia de la investigación en México es, como se ha mencionado, la falta de continuidad de los trabajos y personal técnico que las realizan. Esta situación se complica por la renuencia a compartir el conocimiento y la información, ocasionando aislamiento más que integración en la conformación de equipos de trabajo.



Foto 1.7. Foro de discusión

Por otro lado, no existe, como en otros países, un organismo institucional que integre las investigaciones al proceso operativo en el ámbito regional. La CNA y el IMTA, en esta década han hecho esfuerzos en este sentido, lo cual, a pesar de representar un avance, requiere de un tratamiento interinstitucional y regional que permita tener cobertura local, regional y nacional.

Es conveniente favorecer las organizaciones como la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza ASOMECIMA y fomentar otras más específicas que favorezcan la integración de equipos de trabajos regionales y promover foros de discusión y análisis, foto 1.7.

### 1.10 Recomendaciones

La concepción de la conservación y del combate de maleza en los cuerpos de agua del país y en particular, en los distritos de riego en México, debe ser en función de lograr un máximo aprovechamiento de los recursos sin deteriorarlos. En la medida de lo posible, recuperar el equilibrio perdido y dar mayores opciones y actividades económicas a los productores.

Es necesario llevar a cabo una estrategia de combate integral a la problemática que representa la maleza, que contemple los siguientes aspectos:

- Establecer los mecanismos necesarios para evitar el deterioro del ecosistema en las cuencas por la sobreexplotación de los bosques, suelo, lagos y presas.
- Restringir o regular, de acuerdo a la ley, los desechos industriales, agroindustriales, agropecuarios y de poblaciones que van a dar a los cuerpos de agua. Hacer que los causantes contribuyan con el control de la contaminación, de la maleza acuática y la conservación en general.
- Establecer un sistema de registro y seguimiento de la maleza acuática.
- Aplicar en forma conjunta los métodos factibles y convenientes para eliminar o disminuir al máximo la maleza en las fuentes de abastecimiento principales y a lo largo de la red de distribución y drenaje. Lo anterior, dentro de un programa global y particular para cada cuerpo de agua o distrito de riego, según sus prioridades específicas.
- Impedir el crecimiento explosivo de cualquier especie problema, en particular del lirio e hidrila en los cuerpos de agua o distritos donde no existe.
- Realizar la inversión necesaria para el manejo de la maleza acuática, que se justifica técnica, ecológica, social, política y económicamente. La inversión permitirá tener bajo control la maleza, mejorar el funcionamiento de los cuerpos de agua, disponer de mayor volumen de agua, darle una multiplicidad de usos a los embalses y finalmente, reducir los costos del control de maleza a mediano plazo.

- Impulsar y fomentar las diferentes líneas de investigación existentes en el país, respecto al estudio, control y manejo de la maleza acuática, así como del manejo ecológico general de las cuencas que se realiza en las diferentes secretarías, universidades y compañías del país. Dar así cohesión, apoyo y utilidad a la investigación y desarrollo tecnológico que se realiza en México.
- Desarrollar un proceso de investigación permanente en el ámbito regional que permita mejorar los métodos de control de acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar.

Impulsar la participación de los beneficiarios de los cuerpos de agua en este proceso de investigación-operación del control de maleza, incluyendo el aspecto económico, lo que permitiría concebirla como una inversión sumamente redituable.

## 2 COLECTA Y PRESERVACIÓN DE MATERIAL VEGETAL

Uno de los aspectos más importantes para el desarrollo y comprensión de la dinámica del control biológico es el conocimiento de las plantas bajo un contexto ecológico. Por tal motivo es muy conveniente la colecta de plantas, su identificación y preservación. Enseguida se detallan brevemente algunos de los aspectos más relevantes que deben ser tomados en cuenta durante la colecta.

### 2.1 Consideraciones para la colecta

En México el interés por las cosas naturales comienza apenas a despertar y alcanzar un nivel importante. Algunas personas o instituciones llevan a cabo desde hace mucho tiempo colectas de animales y plantas; la falta de organización y control sobre estas actividades ya ha hecho lamentar la disminución o la extinción de algunas especies vegetales y animales.

#### 2.1.1 Finalidad de la colecta

La captura o colecta de cualquier organismo vegetal o animal debe justificarse por alguna causa poderosa. La enseñanza e investigación constituyen dos buenas razones.

La enseñanza biológica requiere emplear organismos vivos o especímenes adecuadamente conservados para realizar las observaciones y experimentos de una manera más objetiva. No obstante, muchas veces no se puede trabajar con organismos útiles, porque carecen de la información necesaria para recolectarlos o para preservarlos.

Con respecto a la investigación, se puede afirmar que hay muy pocos problemas biológicos relacionados con trabajos de campo que no requieren de la colecta de especímenes. En la formación de un biólogo y de un agrónomo es básico el conocimiento de las técnicas adecuadas para colectar y preservar un organismo determinado.

La captura o colecta de organismos es un auxiliar importante, sobre todo para los siguientes estudios:

- Taxonómicos.
- De distribución y poblaciones (bioestadística).
- Ecológicos.
- Migratorios.

En cualquier estudio biológico el primer paso es identificar el organismo que se observa. Esto constituye el objeto del proceso taxonómico. Estos estudios muestran claramente las relaciones filogenéticas de los organismos, es decir, sus lazos evolutivos y fisiológicos.

El estudio de la distribución de cierta especie animal o vegetal es muy importante. Estudios de este tipo ilustran las relaciones que tienen los organismos con la conformación y los factores físicos del medio ambiente y sobre las interacciones con los organismos de su misma o de diferente especie. Asimismo, el estudio de las poblaciones puede ofrecer bastante información acerca de la biología fundamental de las especies que no podría lograrse con un solo individuo. Puede indicar el potencial biótico de una especie, su curva de crecimiento, sus fluctuaciones, etc.

### 2.1.2 Requerimientos para una colecta adecuada

Los especímenes colectados con datos inadecuados o sin ellos carecen de todo valor científico; por esto es importante saber las notas que deben acompañarlos. Para tal efecto se recomienda contar con un **Diario de Campo** que se empleará en cada colecta.

Muchas veces es necesario tomar notas en el campo de la coloración de algunas plantas o animales cuyo color se destruye o altera antes de ser examinados en el laboratorio. A pesar de que el uso de fotografías en color pueda auxiliar al respecto, éstas pueden alterarse con el tiempo o variar la coloración obtenida por la calidad de la película.

En el **Diario de Campo** se apuntará, además, la localidad exacta para considerar la posibilidad de que otro colector quisiera ir al mismo sitio. Esta anotación deberá ser muy clara empleando poblados como puntos de referencia. En todas las anotaciones se emplearán lápices semiduros o tinta indeleble.

En este **Diario** se anotará el nombre del dueño, con su dirección completa para prevenir su devolución en caso de pérdida. Las observaciones deberán llevar un orden cronológico.

En el encabezado de cada hoja se anotará el nombre de la institución que patrocina. Además, cada día se debe consignar la siguiente información:

- Fecha.
- Lugares visitados con su situación exacta y el desarrollo de las actividades.
- Tipo de colecta.
- Técnicas usadas.
- Resultados obtenidos.
- Hábitat.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Clima (temperatura, humedad, precipitación).
- Tipo de suelo.
- Época del año.

También deberán anotarse los nombres de las personas que participan en las colectas, así como los que han aportado alguna información importante.

Adicionalmente, se deberá contar con un **Catálogo de Colecta**. En el que se registrarán todas las observaciones o datos derivados de las especies. Cada ejemplar colectado debe llevar un número de colecta que se anotará en este catálogo. Los números de campo deben ser progresivos; debe anotarse el nombre vulgar del organismo, el nombre científico (por lo menos tentativo), la localidad exacta, las características de suelo y asociación vegetal, y la altura. A cada planta se le atará un rótulo que lleve el número de campo y las indicaciones del colector.

## **2.2 La colecta y preservación de ejemplares para herbario**

### **2.2.1 La colecta**

Antes de efectuar cualquier colecta, deberán considerarse cuáles son las partes más importantes de las plantas para coleccionar, consultando las claves de identificación especializadas. Un especialista sabe de antemano los lugares donde puede coleccionarlas y en qué época puede encontrar flores, frutos o cuándo se encuentran en desarrollo vegetativo.

Las plantas pequeñas se sacan completas con la pala. Las raíces se extraen y se lavan si es necesario para que pueda montarse completa en la cartulina de herbarios.

Si la planta es mediana y el tallo se puede doblar, también se debe coleccionar completa. En este caso se debe procesar doblando el tallo dos o tres veces, de manera que ocupe poco espacio y se pueda montar completa.

Si la planta es grande, se cortan con tijeras de podar varias ramas que sean representativas; algunas que muestren hojas y yemas de crecimiento; y otras más con flores y frutos, y si es posible, se coleccionarán ramas que contengan ambas estructuras.

Es necesario hacer extensas las colectas, sobretodo de flores y frutos pues mucho de este material tendrá que utilizarse para la identificación.

Para guardar las flores extras, los frutos y las muestras de corteza que se coleccionen, se emplearán bolsitas de plástico, de celofán o de manila. Este material será rotulado con el mismo número de campo que lleve la planta coleccionada; posteriormente en la hoja de herbario se incluirán juntos.

Una vez coleccionadas las plantas se prensarán inmediatamente, puesto que marchitas es más difícil acomodarlas y los resultados no son favorables. Las herbáceas necesitan de una atención más rápida que las leñosas, ya que éstas se marchitan más lentamente.

### **2.2.2 Preservación del material coleccionado**

#### **Prensas**

Con la finalidad de que las plantas coleccionadas puedan conservar sus características estructurales y queden en condiciones de poder montarse o colocarse sobre la hoja de exhibición durante un tiempo indefinido, se deberán prensar mientras se secan.

En este sentido, se deberá utilizar un equipo que prenda, deshidrate y preserve las plantas. Existen dos tipos de prensas; la de campo y la de laboratorio. Aunque la finalidad de ambas es la misma, la primera, de menor capacidad se emplea durante las colectas; la segunda se mantiene en el laboratorio o en el sitio donde se lleven a cabo las identificaciones y los montajes.

La prensa de campo debe ser ligera para que el coleccionador pueda transportarla sin dificultad y permitir el máximo de ventilación, pero al mismo tiempo deberá ser consistente para que soporte una gran cantidad de plantas.

Se puede construir con tiras de madera bien cepilladas de unos 3 cm de ancho por 12 mm de grueso. Cada hoja de prensa deberá medir unos 50 cm de largo por 30 o 35 cm de ancho. La

consistencia de la prensa dependerá del número de tiras de madera usadas para construir cada hoja. Se pueden usar 6 o 7 tiras de 30 o 35 cm y 4 de 50 cm para cada hoja. El lado que lleva las tiras angostas se coloca sobre las plantas, ya que por tener más tiras causa una presión más uniforme. La lámina 2.1 muestra las características de la prensa de campo.

La prensa de laboratorio, como ya se había comentado, tiene el mismo fin que la de campo, aunque suele ser mucho más pesada y consistente, ya que las plantas secan con calor artificial y las tiras no necesitan ser de madera. Están diseñadas para prensar las plantas más fuertemente y con más uniformidad.

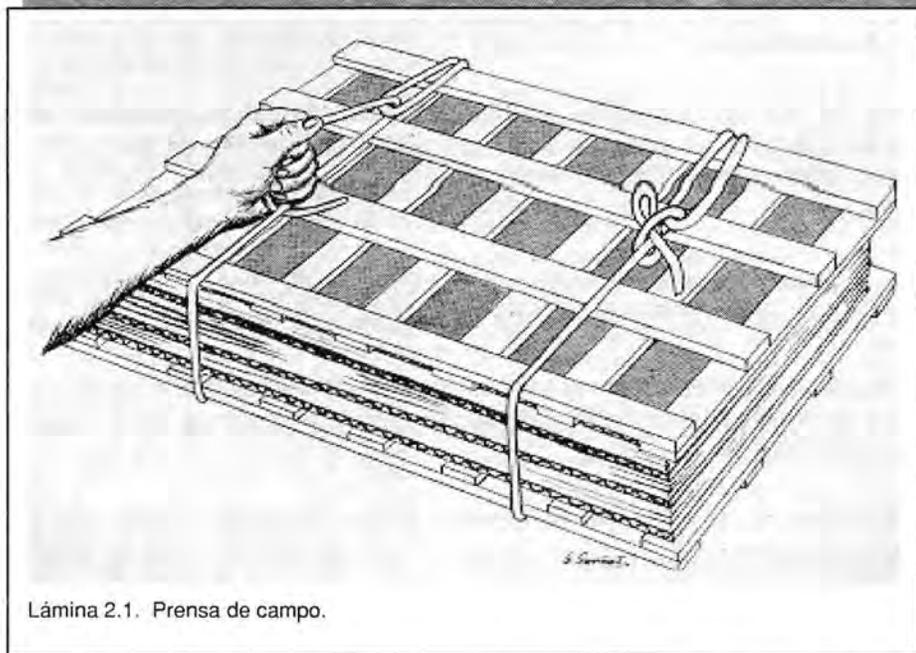


Lámina 2.1. Prensa de campo.

Esta prensa tiene el mismo ancho de la prensa de campo, pero es un poco más larga (55 cm). Se puede construir con dos tablas de madera de aproximadamente 2 cm de grueso reforzadas a lo ancho de en cada extremo con dos tablas de 5 X 2.5 cm y por 12 mm de grueso. En lugar de tuercas comunes se deben usar tuercas de mariposa y rondanas. Es recomendable que la madera de las tablas sea resistente al agua, es decir, que no se doble con facilidad. La lámina 2.2 muestra las características de la prensa de laboratorio.

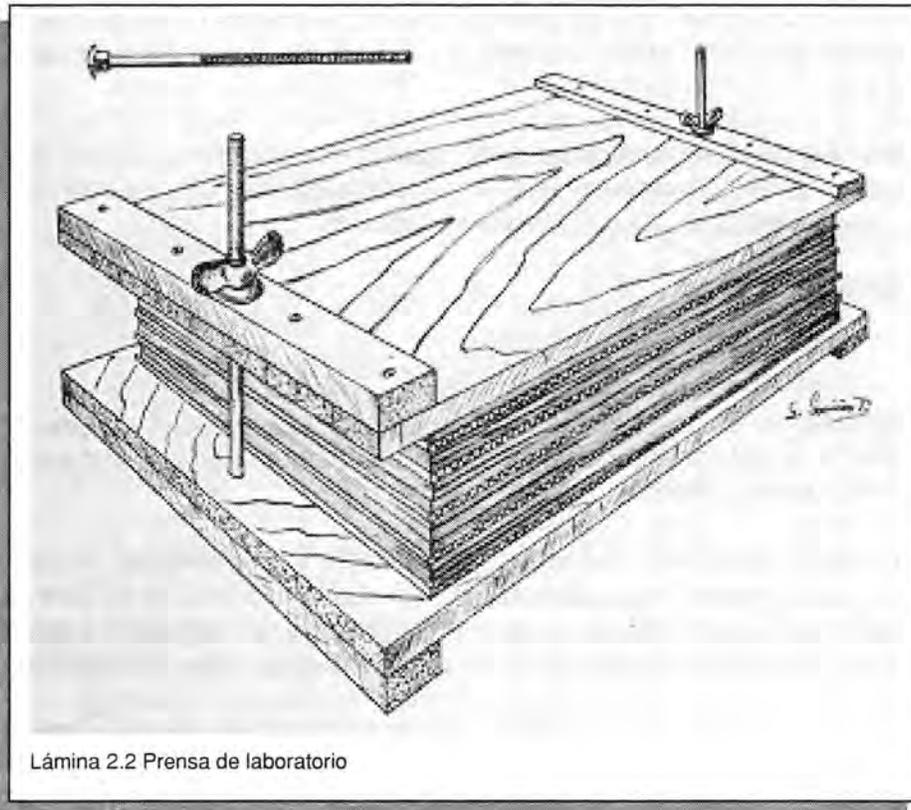
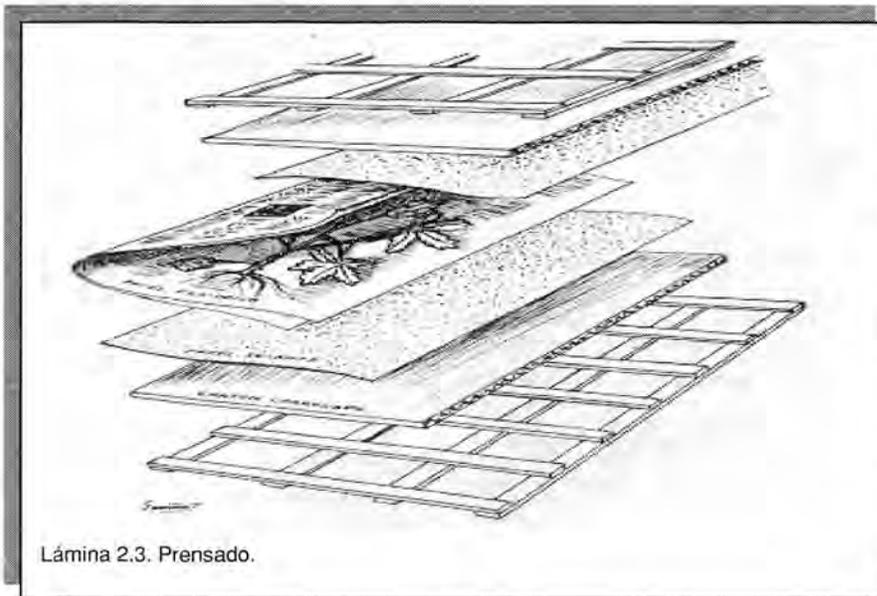


Lámina 2.2 Prensa de laboratorio

## Prensado

Para prensar las plantas se deberán usar, además de las prensas antes mencionadas, hojas de papel periódico, papel secante y cartón corrugado comercial. Tanto el papel secante como el cartón corrugado, se deben cortar en hojas de 40 ó 50 cm por 30 ó 35 cm; el papel periódico se usará doblado.

Primero se coloca el cartón corrugado sobre uno de los lados de la prensa, y sobre este una hoja de papel secante. Después, se coloca una hoja doble de papel periódico. Se pone la planta sobre el papel periódico y se acomoda según el secado que se busque; posteriormente se cubrirá, doblando nuevamente el papel periódico (el periódico así doblado mide aproximadamente 40 X 30 cm). Se coloca sobre el periódico una hoja de papel secante y enseguida una de cartón corrugado. Después se repite la operación.



La lámina 2.3 ilustra la forma en que se deberán alternar las hojas.

El cartón corrugado tiene la característica de dejar pasar el aire por los canalillos que lo cruzan en un solo sentido. En la prensa para plantas, el cartón corrugado deja pasar el aire entre las hojas de papel secante, eliminando así la humedad.

Las especies deben mostrar todas las estructuras de interés taxonómico. Las

raíces se colocan en la parte inferior de la hoja de herbario y, si el tallo es muy largo, se doblará de modo que el cuerpo de la planta quede distribuido uniformemente. Es necesario evitar la sobreposición de las estructuras. Conviene exponer algunas hojas y flores por el haz, y otras por el envés.

Una vez colocadas todas las plantas la prensa es cerrada y apretada con las correas. Se cambiará el papel secante cada 12 ó 24 horas, si es posible también se hará lo mismo con el periódico.

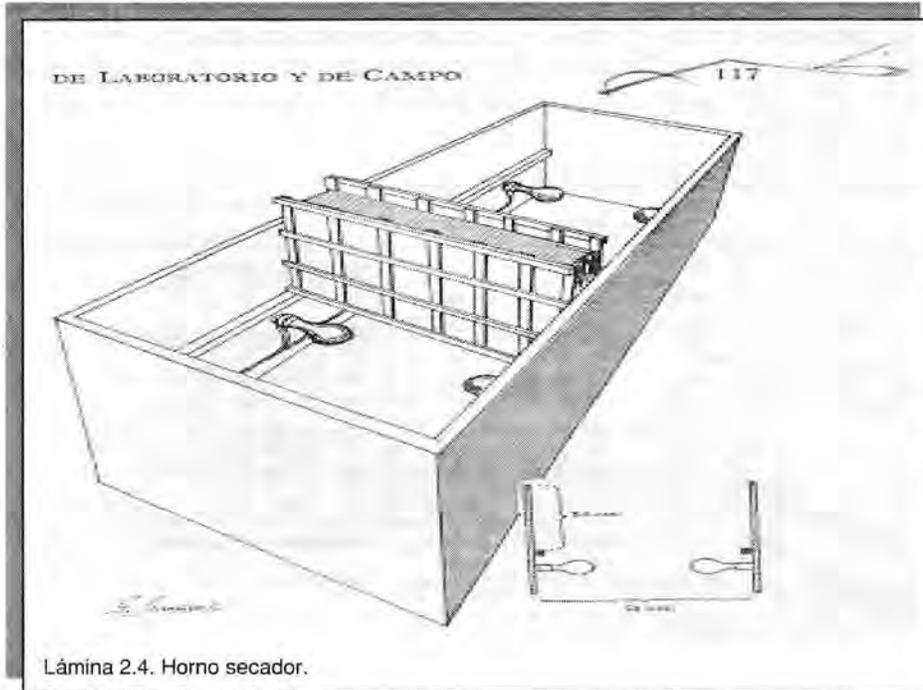
Una vez en el laboratorio conviene cambiar las plantas de la prensa de campo a la de laboratorio, ya que en esta existe una compresión más uniforme y tiene mayor capacidad.

Cuando el secado haya concluido, las plantas se colocarán dentro de sus hojas de papel periódico, entre dos cartones y amarradas en bultos de 25 ó 50 plantas, hasta que puedan ser identificadas y montadas.

Las plantas carnosas o suculentas se deben abrir y limpiar antes de prensarse; si se trata de un cacto, se deberá dividir a la mitad y ahuecar cada una de las partes para prensar sólo la superficie.

## Secado

El secado rápido de las plantas permite que conserven un color más natural. Cuando el secado es lento, las plantas quedan más oscuras y se corre el riesgo de ser atacadas por hongos y de quebrarse con mayor facilidad. Mientras el colector esté en el campo se deberá aprovechar todo descanso para poner bajo los rayos del sol la prensa, ya sea colgada de una rama o sobre arena caliente. Lo más frecuente es que al llegar al laboratorio las plantas estén aún húmedas, por lo que se deberá acelerar su secado de manera artificial.



Se puede construir un dispositivo sencillo para secar los ejemplares colectados, por medio de un cajón de madera sin fondo ni tapa. En la parte inferior de éste, se colocan uno o varios focos eléctricos o una parrilla. El tamaño debe ser suficientemente grande para que la prensa quepa colocada de lado sobre su longitud, por encima de la fuente de calor artificial, sin que pueda quemarse. La temperatura no deberá exceder los 45°C.

El aire que se calienta bajo la prensa tiende a subir cruzando por el interior de los cartones corrugados; se desaloja así la humedad que desprenden las hojas de papel secante, situadas a cada lado de los cartones. De esta manera las plantas se secarán en dos días. La lámina 2.4 ilustra la forma típica de un horno secador de plantas doméstico.

## Identificación de las plantas

Antes del montaje las plantas deberán identificarse empleando el material colectado, la información recabada y las claves correspondientes. Lo anterior parte del hecho que desde la colecta cada planta debe llevar un rótulo o marbete atado con el número de campo o de catálogo, y de ser posible con el nombre común o específico. Además, como ya se dijo antes, se deberán anotar en el catálogo de campo todos los datos ecológicos del lugar, así como diversas observaciones de las especies.

Las estructuras de observación primordiales son las flores o los frutos, por lo que deberán estar en buen estado. Para ablandar las flores y preparar su observación y disección, se deberán colocar entre 1 y 3 minutos en un recipiente con agua hirviendo; también se puede lograr el mismo resultado con vapor.

## Montaje de las plantas prensadas

El montaje permite proteger y almacenar permanentemente las plantas. El valor de un herbario no sólo consiste en el número de especies que contiene, sino también en la calidad de su montaje. Las hojas de herbario deberán ser de un papel fino, que no se amarille con el tiempo y que sea resistente. El papel que tiene cierto porcentaje de tela es el más conveniente.

Su consistencia debe ser similar a la de un cartón delgado o al de una cartulina gruesa. Se pueden emplear hojas de cartulina Bristol de 29 x 48 cm, aunque pueden ser un poco más anchas.

Antes de montar la especie, se deberá tener cuidado en poner un rótulo o etiqueta en la esquina inferior izquierda de aproximadamente de 8 cm de ancho por 12.5 ó 13 cm de largo, aunque algunos colectores prefieren etiquetas de 11 por 17 cm.

En el espacio restante se colocará la planta distribuyéndola uniformemente en la cartulina. Si las plantas son pequeñas, se pueden montar varias en una misma cartulina, siempre y cuando conserven las mismas características de especificidad y lugar de colecta.

Para adherir los ejemplares a las cartulinas, se emplea cinta engomada de buena calidad. Se pegan los tallitos con tantas tiras de cinta como sean necesarias para fijar a la planta. Otro método es pegar directamente los ejemplares sobre las hojas de herbario. Con un pincel se aplicará goma en las superficies de la planta que no va a ser expuesta para pegarla sobre la cartulina.

Los rótulos deberán escribirse con tinta a prueba de agua. Estos ya deberán tener impresos los encabezados con el nombre de la institución que representa la colección. No obstante, las colecciones pequeñas se pueden rotular con sellos de goma directamente sobre la hoja de herbario.

Una etiqueta de herbario debe contener al menos, la siguiente información:

- Número de registro.
- Nombre científico.
- Familia.
- Nombre vulgar.
- Procedencia.
- Fecha de colecta.
- Distribución geográfica.
- Lugar de plantación.
- Persona que identificó.
- Fecha de ingreso.
- Número de ejemplar de herbario.
- Otros datos adicionales.

### 3 CONTROL PREVENTIVO Y CULTURAL.

#### 3.1 Introducción

El método de control más efectivo para retardar la aparición de vegetación nociva o reducir la problemática causada por cualquier tipo de maleza, es el control preventivo, que consiste en la prevención de las infestaciones y con ello, evitar el incremento de las poblaciones. El control preventivo, si se lleva a cabo con oportunidad y suficiencia permite un buen funcionamiento de la infraestructura y prolonga la vida útil de la misma. Este tipo de control se basa en la anticipación de medidas que permitan mantener a los usuarios del recurso agua bajo constante alerta para evitar la entrada o establecimiento de nuevas y más agresivas especies de maleza.

En México, el control de la maleza acuática se realiza generalmente cuando los niveles de infestación de una especie de plaga llegan a ocasionar daños severos o bien requieren de



Foto 3.1. La prevención de la infestación de maleza es el mejor método de control.

*Prevenir la infestación de maleza en forma permanente y manejar adecuadamente la infraestructura son los mejores métodos de control de maleza.*



Foto 3.2. Colocación de drenaje subterráneo

*Es difícil separar la prevención de las actividades culturales; como es la colocación de drenaje subterráneo.*

atención inmediata, por ejemplo; el taponamiento de un canal, las enfermedades de la población ribereña ocasionada por las picaduras de mosquitos que se desarrollan sobre el nicho infestado por el lirio acuático y otros daños urgentes. En el caso de los distritos de riego el control se realiza cuando la maleza ha rebasado los niveles permisibles para la operación y la medida de desahogo es la eliminación de ésta sin considerar los costos ni los riesgos que se deriven por la acción, foto 3.1.

El control cultural por otro lado contribuye significativamente a disminuir los niveles de infestación de la maleza y propicia las condiciones para el buen desarrollo o eficiencia de otros métodos de combate. El control cultural se basa en las actividades operativas y culturales que permiten la disminución o eliminación directa o indirecta de la maleza, foto 3.2.

En la mayoría de los casos las medidas preventivas y culturales son difíciles de separarse debido a la intención y a la forma en que éstas se llevan a cabo, por este motivo las consideraremos a ambas dentro de los diferentes casos que se llegan a presentar y que conduce a contestar la siguiente pregunta:



Foto 3.3. Tramo de canal revestido y sin revestir.

*La causa del desarrollo del tule en este canal es por la acumulación de sedimento y la falta de revestimiento.*

### **3.2 ¿Como llevar a cabo el control preventivo y cultural?**

Primeramente se sugiere identificar cada situación según las condiciones que guarde el sitio que se pretenda estudiar. Los casos considerados son los siguientes:

1. Si no hay obra ni maleza pero se planea la realización de una obra.
2. Si se cuenta con la infraestructura pero está libre de maleza.

3. Si la maleza ya está establecida pero no ha invadido toda la infraestructura o sólo determinados cuerpos de agua, pero no toda la cuenca; foto 3.3.

4. La maleza infesta indistintamente la mayoría de la infraestructura o toda una cuenca está infestada, como se aprecia en la foto 3.4.

### **3.3 Si no hay obra ni maleza:**

a) Diseño de la infraestructura. Para evitar una posible infestación es necesario incluir en el diseño las características como pendiente y ubicación de las obras más adecuadas como ejemplo son: Profundidad, velocidad del agua, cárcamos de amortiguamiento, bordo libre etc. Dentro del diseño debe considerarse: el tipo de materiales de construcción.



Foto 3.4. El conocimiento del ecosistema.

*El control preventivo y cultural inicia cuando se tiene conocimiento del problema, la especie o especies que lo producen y la identificación de las causas.*

Una vez diseñada la obra de construcción deberá considerar el revestimiento de canales principales, el entubamiento de canales y drenes para evitar el problema de la maleza y la construcción de desarenadores en estructuras de control, para evitar la acumulación de azolve y con ello el establecimiento de maleza sumergida y emergida, foto 3.5.



Foto 3.5. Colocación de material de vinil.

*Si no hay obras ni maleza, se debe considerar el diseño de la nueva obra y los tipos de materiales de construcción para prevenir una futura infestación.*

b) Desinfección de maquinaria. La maquinaria utilizada en áreas con problemas de maleza, foto 3.6 deberá ser desinfectada para evitar la entrada de semillas o

propágulos de especies nocivas. La forma de desinfección es mediante la aplicación de formol, hipoclorito de sodio o bien colocándose al fuego.



Foto 3.6. Maquinaria con propágulos de maleza.

*La desinfección de la maquinaria y la cuarentena a equipos en zonas infestadas se deben realizar antes de comenzar a trabajar en una zona.*

c) Cuarentena de equipos acuáticos deportivos, agrícolas y maquinaria que proceda de zonas infestadas o de probable infestación. La mayoría de las especies de maleza sumergida de los distritos de riego de la frontera norte de México, son las mismas que existen en las zonas de pesca y recreación de donde provienen pequeñas embarcaciones deportivas.

d) Programa de inspección y mantenimiento. Es conveniente mantener un programa de vigilancia de la sanidad de los cuerpos de agua, ello permitirá detectar brotes o focos de

infestación primaria y eliminarlos antes de que éstos se propaguen, como se aprecia en la foto 3.7.



Foto 3.7. Vigilando el funcionamiento y la sanidad de la infraestructura.

*Se debe mantener un programa de vigilancia de la sanidad de la infraestructura para prevenir focos de infestación.*

**3.4 Si se cuenta con la infraestructura pero está libre de maleza:**

a) Todas las anteriores, además de:

b) Evitar el establecimiento. Las principales actividades para evitar el establecimiento de una especie cuando no existe en una zona son:

- Controlar el movimiento del ganado o de los agentes dispersores de la especie, foto 3.8.

- Eliminar los obstáculos para el flujo de agua y modificar los hábitats que prefieren cierto tipo de especies.
- Extracción de plantas sospechosas.

**3.5 Si la maleza ya está establecida pero no ha invadido toda la infraestructura o sólo determinados cuerpos de agua pero no toda la cuenca:**

- a) Localizar los focos de infestación.  
Extracción de plantas y estructuras reproductivas, foto 3.9
- b) Definir estrategias y aplicar medidas para evitar el crecimiento o expansión de la infestación.

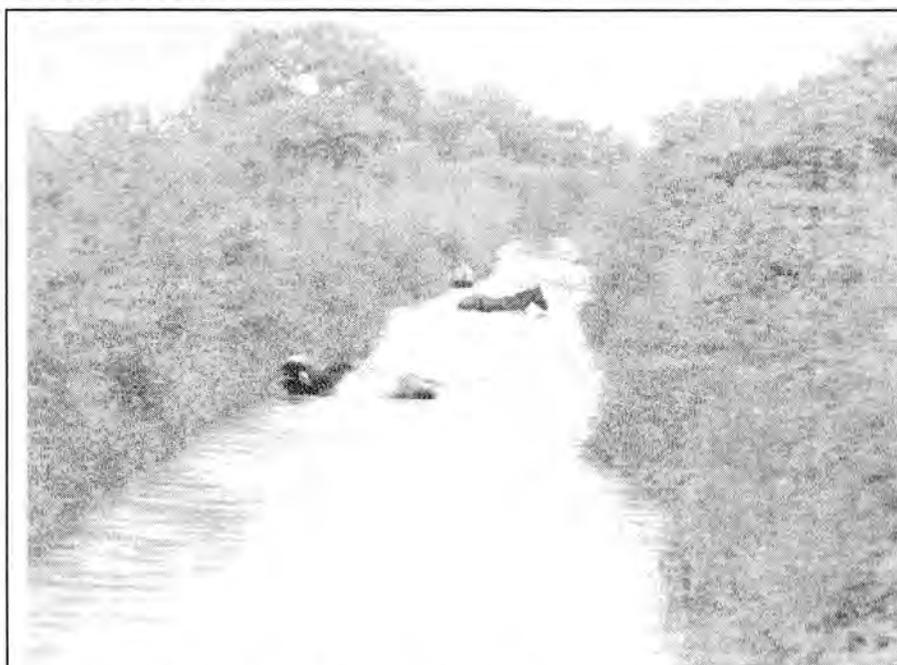


Foto 3.8. El ganado disemina la semilla de la maleza

*Se debe controlar el movimiento de ganado y de agentes dispersores de la maleza acuática.*

*Colocación de barreras físicas.*

Cercas metálicas para maleza flotante.  
 Cercas metálicas con cilindros flotantes para lirio acuático.  
 Mallas de alambre, para maleza flotante y sumergida.  
 Trampas para captura de semilla, como el caso del lirio chino.

*Competencia por la luz.*

Colocación de plástico negro y entubamiento de canales.  
 Fertilización de estanques y diques de almacenamiento.  
 En los estanques adecuadamente fertilizados se desarrollan millones de animales y plantas pequeñas los cuales le dan al agua una apariencia turbia. Si el agua se encuentra turbia y cuenta con por lo menos tres pies de profundidad, las malezas acuáticas sumergidas casi no tienen oportunidad para desarrollarse debido a que la luz es insuficiente.

*Secado de canales.*

Las plantas acuáticas obligadas no sobreviven al secado o arado de canales y perecen durante el tiempo de estiaje, foto 3.10.

*Limpieza manual.*

En las áreas ligeramente infestada, la limpieza manual puede ser el método de control más práctico. Dedicar unas pocas horas a extraer una infestación primaria o inicial, puede evitar que las especies de malezas se propaguen. Este método es particularmente efectivo en infestaciones nuevas de malezas, tales como el tule, la sagitaria y el sauce.



Foto 3.10. Manejo de infraestructura

*La colocación de barreras físicas, eliminar la entrada de luz y el secado de canales son importantes medidas para reducir la infestación.*



Foto 3.9. Extracción de maleza sumergida.

*Si la maleza no invade aún toda la infraestructura se recomienda extraer plantas y estructuras reproductivas.*

### **3.6 La maleza infesta indistintamente la mayoría de la infraestructura o toda una cuenca está infestada:**

En éste en particular, además de las medidas del caso tres, es importante el control cultural, desafortunadamente se requiere de otras medidas complementarias.

*Control cultural:*

**Encauzamiento de aguas broncas.** Es útil esta medida en el caso de la maleza sumergida y algas, pero es necesario realizar con mayor frecuencia la extracción de azolve, ya que las aguas turbias contienen una gran cantidad de partículas suspendidas, fotos 3.11 y 3.13.

Elevación de los niveles de operación. Esta medida permite desprender los manchones de lirio acuático y otras especies de maleza flotante, así como ahogar maleza marginal que no soporte la inundación total.

Extracción de plantas antes del abastecimiento de agua. Muchas plantas se aglutinan cerca de las compuertas o estructuras de distribución del agua y requieren de una previa extracción para evitar su dispersión aguas abajo.



Foto 3.11. Agua turbia con cola de caballo.

*Las aguas turbias y el encausamiento de aguas broncas eliminan la maleza sumergida como la cola de caballo (Potamogeton pectinatus)*



Foto 3.12. Eliminación de maleza marginal.

Rotación adecuada de la maquinaria. De las área menos infestadas a las más infestadas previa desinfección.

Programa de buen uso del agua. Optimizar el recurso agua permite que no haya anegamientos o entarquinamientos de agua que arrastre semillas o favorezca la dispersión.

Pastoreo controlado.

Lavado de plantas para permitir la entrada de fitopatógenos.

Programa de inspección y mantenimiento.

Corte y mantenimiento de la maleza en bordos y taludes, foto 3.12.

Aplicación de amoníaco anhidro en pequeños canales y regaderas. Este tipo de aplicación del fertilizante elimina la mayoría de las especies de maleza sumergida cerca de las tomas granja y regaderas.



Foto 3.13. Acumulación de azolve

*También se recomienda eliminar el azolve acumulado porque será un factor importante en la infestación por tule.*

## 4 CONTROL MECÁNICO

El control mecánico de la maleza consiste en cortar o bien cortar y extraer las malas hierbas que se desarrollan en almacenamientos, canales, drenes y caminos de las áreas de riego mediante algún implemento que puede ser operado manual o mecánicamente.

Este método de control es el que se utiliza con mayor frecuencia en las áreas de riego. Cuando se utiliza mano de obra, se la denomina *Método Manual* y cuando se emplea maquinaria se le conoce como *Método Mecánico*.

Los taludes y los bordos de canales y drenes, presentan en general todo tipo de maleza terrestre, como el huizache, el mezquite, el guacaporó, la jara, la jarilla, la higuera, el carrizo y diversos tipos de pastos, lo que ocasiona que se reduzca la sección hidráulica en canales y drenes. Esta maleza también se encuentra frecuentemente en los bordos de los caminos y dificulta el tránsito de los vehículos y la maquinaria.

La producción y la productividad de los distritos de riego están relacionadas directamente con la disponibilidad del agua, con la entrega oportuna y suficiente del líquido a los cultivos y con las condiciones en las que se encuentra la infraestructura hidroagrícola, es decir, la capacidad productiva real de los distritos de riego depende directamente del estado físico de su infraestructura.

Los distritos de riego, cuentan con la infraestructura hidroagrícola y de comunicación siguiente: 12,625 km de canales principales y 34,849 km de secundarios; el 45% de los canales están revestidos.

9,518 km de drenes colectores y 21,166 km de drenes secundarios.

68,420 km de caminos, de los cuales el 51% son de terracería, el 41% están revestidos y el resto están pavimentados.

La Gerencia de Distritos Riego clasifica los canales y los drenes según sus características geométricas en 5 tipos a los que denomina A, B, C, D, y E, los porcentajes de sus tipologías dentro del territorio nacional; y dichas características se presentan en el cuadro 4.1

El estado físico en que se encuentra la infraestructura, es fundamental para que los distritos de riego estén en condiciones de cumplir con las funciones productivas que dieron lugar a su construcción; es decir, la capacidad productiva real de los distritos de riego depende directamente del estado físico de su infraestructura.

El uso intensivo de la infraestructura y las condiciones meteorológicas, propician el deterioro constante de la infraestructura.

Para mantener en condiciones de operación la mayor parte de las redes de canales, drenes y caminos, además de la mano de obra, se necesita maquinaria de muy diversos tipos para que realice de manera económica y rápida su conservación y mantenimiento.

## 4.1 Método manual

El método manual de control, consiste en cortar o bien cortar y extraer la maleza empleando mano de obra y herramientas simples.

Cuadro 4.1 Características y porcentajes dentro del territorio nacional de canales y drenes

Tipo	Plantilla (m)	Tirante (m)	Canales (%)	Drenes (%)
A	Entre 10 y 20	Más de 3.0	3.2	5.8
B	Entre 8 y 10	Entre 2.5 y 3.0	1.4	8.0
C	Entre 4 y 6	Entre 1.8 y 2.4	5.4	16.9
D	Entre 2 y 4	Entre 1.3 y 1.7	13.8	28.9
E	Menos de 2	Menos de 1.2	76.2	40.4

Su uso, se recomienda en los siguientes casos:

- Regiones donde exista disponibilidad de mano de obra y que su costo sea menor que con cualquier otro método
- Cuando los usuarios participen con su mano de obra
- Donde las condiciones de acceso no permitan la entrada de maquinaria
- Cuando sea necesario generar jornales de mano de obra por motivos de índole social.

En términos generales este método de control, es muy eficiente, pero a veces resulta lento y costoso.

El corte de la maleza terrestre, se realiza con herramientas como la hoz y el machete para cortar maleza leñosa y la guadaña para cortar maleza suave como los pastos en los taludes y los bordos (Foto 4.1); consiste en una cuchilla unida a un mango largo y recto sin empuñadura. El operador va a lo largo del bordo y corta la maleza con golpes rápidos hacia delante, trayendo parte del material cortado, hacia el bordo

Para cortar maleza suave en los taludes y la plantilla de los canales y drenes pequeños, en algunos países de Europa, principalmente en España y Francia se emplea una cortadora de cadena, que está integrada por una serie de cuchillas de corte, ligadas por conexiones flexibles y empuñaduras en sus extremos.

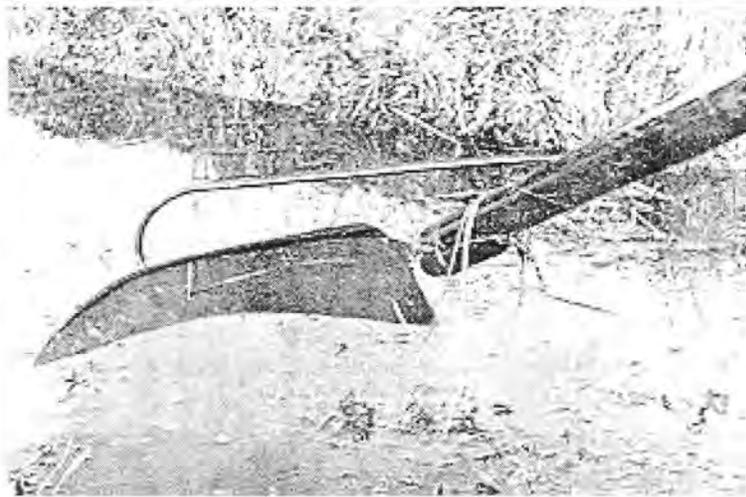


Foto 4.1. Vista de una guadaña que se utiliza con mano de obra para control de maleza suave en los taludes de canales y drenes

Requiere de dos hombres que mueven la cadena alternativamente sobre el fondo de la zanja, uno en cada margen del canal o del dren. Las cuchillas, deben afilarse regularmente de la misma forma en que se hace con la hoz o la guadaña. Este implemento se muestra en la foto 4.2.

De acuerdo con la región del país donde se ubique el área de riego y las características de la maleza, se han desarrollado distintos tipos de herramientas, en la foto 4.3, se muestran algunas de ellas.



Foto 4.2 Cortadora de cadena para control de maleza suave en canales y drenes

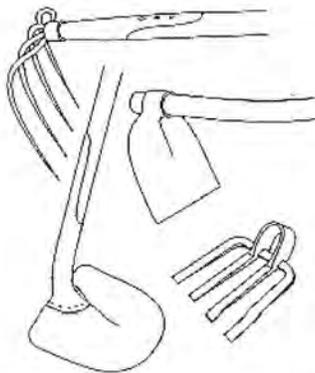


Foto 4.3 Algunas herramientas manuales para corte y extracción de maleza

En el caso de extracción de tule se pueden utilizar las herramientas que se mencionaron para el control de la maleza terrestre. La extracción del lirio se puede realizar colocando una red transversal al canal o utilizar las estructuras de las presas derivadoras para que se acumule y posteriormente extraerlo con un biello. Por sus características, la maleza sumergida resulta difícil de extraer en forma manual.

Cuadro 4.2. Principales características de aplicación de las herramientas manuales descritas:

Herramienta	Tipo de maleza	Dimensiones de la infraestructura	Rendimiento
Guadaña	Maleza sumergida y maleza terrestre en los taludes	Canales o drenes pequeños de hasta 80 cm de profundidad	Entre 15 y 25 m <sup>2</sup> por hora
Hoz	Maleza sumergida y maleza terrestre en los taludes	Canales o drenes pequeños de hasta 1.25 m de profundidad	Entre 8 y 12 m <sup>2</sup> por hora
Guadaña de cadenas	Maleza sumergida y maleza terrestre en los taludes	Canales o drenes de hasta 6 m de ancho	Entre 4 y 60 m <sup>2</sup> por hora entre dos o tres peones
Rastrillo	Extracción de malas hierbas cortadas, y remoción de maleza flotante		Variable, según los tipos y la densidad de la vegetación

## 4.2 Método mecánico

El uso de maquinaria inadecuada para el control de la maleza en los taludes ha provocado el deterioro de la sección de los cauces y un incremento en la acumulación de azolve causado por el desmoronamiento del material de los taludes por falta de protección, como puede verse en la foto 4.4.



Foto 4.4. Acumulación de azolve causado por el desmoronamiento del material de los taludes por falta de protección.

Esta situación obliga a la utilización de maquinaria y equipo que no dañen la sección y que permita el desarrollo de una cubierta vegetal (pastos) de 5 cm de altura como máximo, para que por un lado no interfiera con el flujo del agua y por el otro que su sistema radicular retenga el suelo, con lo cual se podrá reducir la erosión y mantener en condiciones estables los taludes. Una manera de mantener los taludes adecuadamente es cortar la maleza regularmente.

El parque de maquinaria de los Distritos de riego, actualmente consta de más de 1,200 unidades de maquinaria pesada y 170 equipos ligeros.

A pesar de que la incidencia de maleza terrestre en los canales revestidos es menor, ésta se presenta en las juntas y en la unión del revestimiento con el bordo, pero requiere de maquinaria que no dañe la infraestructura.

## 4.2.1 Maquinaria pesada

A continuación, se describen los principales tipos de maquinaria pesada que se utilizan en los distritos de riego. Para tener una idea de los rendimientos que se pueden obtener con la maquinaria pesada para el control los distintos tipos de maleza, en el cuadro 4.3, se muestran algunos parámetros de rendimientos promedio a nivel nacional.

### 4.2.1.1 Dragas

Las dragas constan de una pluma constituida por celosías o perfiles de acero que lleva en el extremo una polea de guía y un implemento, que puede ser una canastilla o un cucharón, los cuales pueden ser del tipo ligero o normal y de  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{2}$  yd<sup>3</sup> de capacidad. Su sistema de tránsito puede ser por medio de orugas o de neumáticos, y está montado por debajo de una plataforma giratoria.

La capacidad máxima de levantamiento y el alcance de una draga están limitados por su peso, pueden tener un alcance de hasta 28 m, dependiendo de las características del implemento que se utilice. En trabajos de control de maleza las dragas se utilizan para realizar los trabajos siguientes:

- Extracción de lirio (deslirio)
- Extracción de tule (destule)
- Extracción de hidrila. En las presas derivadoras después que se arranca esta maleza con dos tractores equipados con cadenas, como se verá al abordar el tema de los tractores, en el subcapítulo correspondiente
- Desmante en taludes

Para realizar estos trabajos, es necesario utilizar en cada caso el implemento diseñado para tal fin así para extracción de tule, y desmante en taludes, se utilizan cucharones, en tanto que para la extracción de lirio y de hidrila, se recomienda el uso de canastillas o rastrillos. Dado el alcance de las dragas, resultan indispensables para la extracción de lirio.

- El rendimiento de las dragas, depende de las condiciones de los siguientes aspectos:
  - Densidad, dureza y ubicación de la maleza en la sección hidráulica
  - Distancia de tiro del material
  - Las características y tamaño del implemento
  - Pericia del operador
  - Estado mecánico de la máquina

Dado su alcance, las dragas resultan indispensables para la extracción de lirio en la red de distribución y de tule, sobre todo en la red de drenaje.

### 4.2.1.2 Excavadoras hidráulicas

Las excavadoras hidráulicas, constan principalmente de una pluma recta o de cuello de ganso (brazo articulado), que en su extremo permite la colocación de un implemento que puede ser una canastilla o un cucharón; todo este sistema está montado en una plataforma giratoria. El sistema de tránsito puede ser por medio de orugas o de neumáticos.



Foto 4.5 Extracción de tule en un dren colector, mediante una draga

Su brazo hidráulico articulado, le permite, realizar trabajos con mayor precisión que las dragas y además utilizar implementos hidroneumáticos como pueden ser: distintos tipos de cucharones, canastilla segadora, desbrozadoras, etc., lo que le proporciona grandes ventajas sobre las dragas.

Dependiendo de las características del brazo hidráulico y del implemento, puede tener un alcance de

hasta 18.5 m. En los Distritos de riego, las capacidades más usuales de la canastilla o del cucharón están entre  $\frac{1}{2}$  y  $1\frac{1}{2}$  yd<sup>3</sup>. Estas máquinas son muy apreciadas por su agilidad de trabajo.

En general realizan los mismos trabajos de control de maleza que las dragas, pero con una mayor precisión y son más versátiles al poder utilizar otros implementos. Estas ventajas les permiten realizar trabajos de extracción de maleza en canales revestidos, como puede verse en la foto 6. Los criterios de selección de los cucharones y de las canastillas o rastrillos señalados en las dragas son válidos para las excavadoras hidráulicas.



Foto 4.6 Extracción de lirio en un canal principal, mediante una draga

#### 4.2.1.3 Tractores

Los tractores son máquinas potentes y pesadas que se usan para empujar o tirar algún implemento que se le adicione. Pueden estar montados sobre orugas o sobre neumáticos.

Los tractores buldózer o simplemente buldózer son máquinas montadas sobre orugas que constan de un chasis que sostiene el motor, la transmisión y los sistemas de la dirección; al frente tienen una hoja de choque recta o ligeramente cóncava, con protectores laterales conocidos como gavila-



Foto 4.7. Excavadora hidráulica trabajando en un canal revestido

nes y que tiene un filo intercambiable en su base.

El tamaño y la potencia de los tractores, son importantes ya que su rendimiento depende de la tracción máxima que puede proporcionar, la velocidad que alcanzan este tipo de máquinas, no excede de los 11 km/h.

En trabajos de control de maleza, los tractores buldózer se utilizan principalmente para realizar siguientes trabajos:

- Desmote y desenraíce.- Únicamente en terrenos planos, no es conveniente utilizarlos sobre los taludes ya que deforman la sección. Para trabajos más específicos de desmote, se utilizan dos tractores que arrastran una cadena para cortar el monte ligero.
- Control de maleza acuática sumergida.- Para extraer la maleza acuática sumergida, por ejemplo la hidrila, se usan dos tractores agrícolas o buldózer que arrastran dos cadenas (con un peso mínimo de 25 kg/m, que se incrementa según el grado de proliferación y la dificultad para extraerla) cuya función es arrancar la maleza del fondo del canal, el agua la arrastra y la deposita aguas abajo, en las represas donde se extrae con la draga o con la excavadora hidráulica y se coloca en bordos de desperdicio ubicados en áreas aledañas a las represas.



Foto 4.8. Extracción de lirio e hidrila en un almacenamiento, mediante una excavadora hidráulica

#### 4.2.1.4 Retroexcavadoras

Son tractores industriales equipados con un cargador al frente y en la parte posterior tienen un brazo articulado. La capacidad del cargador puede ser de hasta 2 yd<sup>3</sup>, y la del cucharón oscila entre 1/2 y 2 yd<sup>3</sup>, estas máquinas tienen las ventajas de las excavadoras y de los cargadores, con limitaciones de alcance y rendimiento de acuerdo con el tamaño de sus implementos.

Cuando la canastilla trasera es de 1/2 yd<sup>3</sup> de capacidad o menor, se le conoce como *mano de chango*, lo que le permite trabajar en canales y drenes de plantilla chica.

Dentro de los trabajos de control de maleza las principales actividades de estas máquinas son las siguientes:



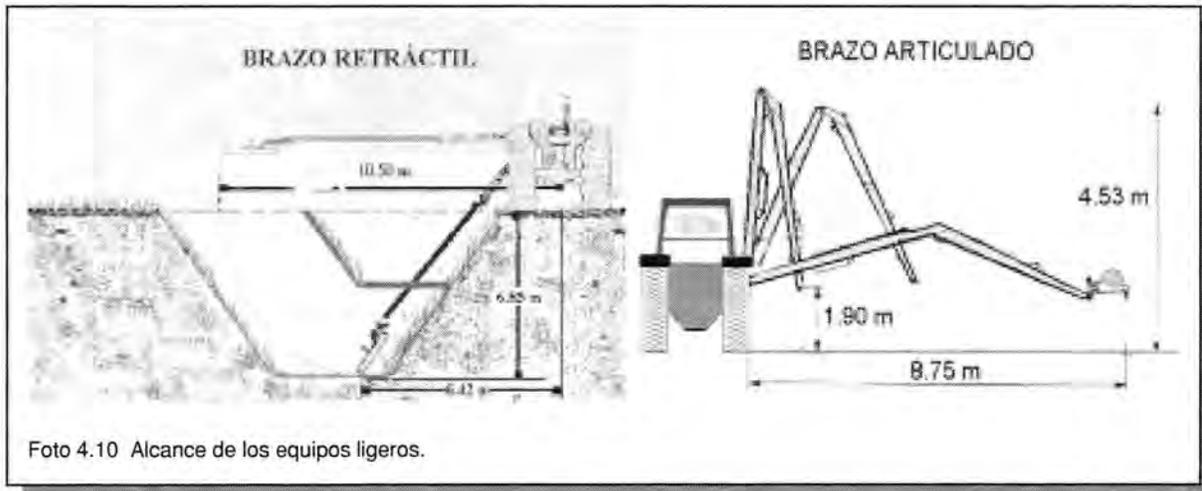
Foto 4.9. Tractores buldózer desmontando

- Extracción de hidrila en represas en canales pequeños
- Extracción de lirio en canales y drenes pequeños
- Extracción de tule en canales y drenes pequeños

#### 4.2.2 Equipo ligero

El uso de maquinaria inadecuada para el control de la maleza en la infraestructura ha provocado el deterioro de la sección de los cauces, por lo tanto, se requiere disponer de maquinaria que no dañen la sección y que permita el desarrollo una cubierta vegetal, que no interfieran con el flujo del agua y que su sistema radicular retenga al suelo, lo cual permitirá reducir la erosión y mantener en condiciones estables los taludes. Una manera de mantener los taludes adecuadamente es cortar la maleza regularmente. Los equipos ligeros están diseñados específicamente para controlar la maleza y cumplir con los requisitos expuestos.

Se llama equipo ligero o equipo de mantenimiento al conjunto formado por un tractor, un sistema electro hidráulico, un brazo hidráulico, que puede ser articulado o retráctil y un implemento (que se coloca en el extremo del brazo). En México, los equipos cuentan con tres implementos, una barra taludadora o barra de corte, una desbrozadora y una canastilla segadora cuya función específica es la de realizar los trabajos de mantenimiento de la maleza, su alcance se puede observar en la foto siguiente.



El brazo articulado le permite gran movilidad sobre taludes, plantilla, bordos de los canales, drenes y caminos, así como realizar los trabajos aún cuando se encuentren presentes cerca u obstáculos naturales.

La operación de los implementos se hace a través del componente hidráulico; dos de los implementos, la barra taludadora y la desbrozadora, dejan el producto del corte sobre la estructura, en tanto que la canastilla segadora lo saca fuera de ella.

Si se considera que el 90.1% de los canales y el 69.3% de los drenes son de los tipos D y E; es decir, son menores de 4 m de plantilla y 1.70 m de tirante, como puede verse en el cuadro 1, existe en nuestro país un gran potencial para el uso de los equipos ligeros, siempre y cuando se tomen en cuenta sus características de operación.





Foto 4.12 Versatilidad del brazo hidráulico tanto para utilizar diversos implementos como para realizar trabajos aún cuando se encuentren presentes cercas

A continuación se analizan los principales implementos con que cuentan actualmente los equipos ligeros que operan en los distritos de riego.

#### 4.2.2.1 Barra taludadora

El equipo más sencillo es la barra taludadora (foto 10), que consiste en una barra de acero con un juego de cuchillas dobles de vaivén, que cortan la maleza y la dejan sobre el terreno natural, cuando se requiera extraer el material cortado, se recomienda utilizar un rastrillo, con lo que se evitarán problemas de obstrucción aguas abajo.

El ancho de corte de la barra varía entre 1.52 y 2.13 m (5 y 7 pies) y puede acoplarse a un brazo hidráulico o colocarse lateralmente en el propio tractor. En los taludes y los bordos puede cortar plantas suaves con tallos altos, entendiéndose por plantas suaves aquellas que pueden trozarse con las manos.



Foto 4.13 Barra taludadora o barra de corte en un canal con maleza suave, izquierda y cortando lirio chino, derecha.

#### 4.2.2.2 Desbrozadoras

En los distritos de riego existen actualmente dos tipos de desbrozadoras, la primera de ellas está constituida por pequeñas cuchillas tipo azadón unidas a un rodillo o rotor que gira alrededor de un eje horizontal. El mecanismo va unido a un bastidor de hasta 1.88 m de ancho de corte.

Cuentan con mecanismos que ajustan automáticamente la altura de corte, ya que levantan o bajan el rotor en relación con una cámara de mezcla. La velocidad del rodillo o rotor se regula por medio de una transmisión de velocidades múltiples.

Parte del peso del rotor lo soportan unas muelles ajustables que permiten que pueda girar a pesar de que encuentre algunos obstáculos.

Las cuchillas cortan y pican la maleza, lo que facilita su uso cuando se tiene maleza baja y tallos de dureza media.

No es conveniente utilizar la desbrozadora cuando en la sección hidráulica haya materiales extraños como alambres o cuerdas, ya que se enredan fácilmente en el mecanismo de corte. Se recomienda que una persona elimine todos los materiales y objetos extraños previo al paso del equipo.

El otro tipo de desbrozadora consta de una o varias hojas metálicas o cuchillas que giran sobre un eje vertical. El mecanismo de corte va unido a un bastidor de material muy resistente para evitar el lanzamiento de piedras y otros objetos duros durante la operación. La altura de corte puede ajustarse desde 2 hasta 12 centímetros. Se utiliza con tractores entre 40 y 90 HP, excavadoras hidráulicas y retroexcavadoras. El ancho de corte puede llegar hasta 1.88 m.



Foto 4.14 Desbrozadora de eje horizontal trabajando en un dren

Este implemento se recomienda para el control de maleza con tallo leñoso de dureza media, es decir para aquellas plantas que puedan cortarse en condiciones normales a golpe de machete.



Foto 4.15 Desbrozadora de eje vertical trabajando en la plantilla de un canal excavado en tierra, izquierda y en un canal revestido, derecha.

#### 4.2.2.3 Canastilla segadora

Consta de dos juegos de cuchillas (como la barra taludadora) y un cucharón tipo canastilla que permite recoger el material cortado y extraerlo fuera de la infraestructura. El ancho de corte de la canastilla está entre dos y cinco metros.

Puede utilizarse acoplada al brazo hidráulico de un tractor agrícola de más de 60 HP y al brazo de la retroexcavadora o de la excavadora hidráulica.

Corta la maleza, la recoge y la extrae fuera de la sección hidráulica en un solo ciclo de operación; permite eliminar la vegetación terrestre suave de taludes y bordos y las malas hierbas acuáticas en canales y drenes, como puede ser el caso del tule, la hidrila o del lirio.

La utilización del brazo hidráulico permite el control de la maleza en canales y drenes pequeños aún en los casos en los que sólo haya acceso por uno de los bordos.



Foto 4.16 Canastilla segadora en un canal, izquierda y en un dren, derecha.

#### 4.2.2.4 Selección de los implementos

Un aspecto de suma importancia es la selección del implemento más adecuado para cortar el tipo de maleza existente en cada distrito, para lo cual, deberá considerarse que la barra taludadora y la canastilla segadora, permiten cortar la maleza suave (aquella que pueda ser trozada con las manos) y la desbrozadora está diseñada para cortar maleza más pesada principalmente leñosa (la que pueda cortarse a golpe de machete). Cuando haya maleza leñosa que no se pueda cortar a golpe de machete, no deberá utilizarse el equipo ligero.

En el cuadro siguiente se presentan para cada implemento las principales malas hierbas que controlan y las recomendaciones generales para la selección de los implementos.

Cuadro.4.3 Principales tipos de malas hierbas que pueden controlar los implementos.

Implemento	Malas hierbas que controlan los implementos	Tipo de maleza recomendable por implemento
Barra taludadora	Pastos, lirio chino, maleza acuática sumergida suave y maleza terrestre suave	Herbácea o leñosa terrestre que pueda trozarse con las dos manos Emergente
Desbrozadora	Pastos, carrizo, guacaporó, cachanilla, higuerrilla, lirio chino, jarilla, pinillo, chamizo, huizache y maleza terrestre de dureza media	Herbácea o leñosa terrestre que pueda cortarse normalmente a golpe de machete
Canastilla segadora	Tule, cola de caballo, sargazo, cola de zorra, hidrila, lirio chino, lirio acuático, maleza acuática suave y maleza terrestre suave	Herbácea o leñosa terrestre que pueda trozarse con las dos manos Acuática flotante Acuática emergente Acuática sumergida Emergente

#### 4.2.2.5 Secuencia para la utilización de los equipos ligeros

Para obtener óptimos resultados con los equipos ligeros se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Eliminar en forma manual o con maquinaria pesada la maleza más pesada, estos trabajos se pueden realizar cadeneando la sección con cadenas gruesas y después con excavadora hidráulica se realiza el desenraíce y la extracción de troncos fuera de la sección.
- Eliminar manualmente los materiales indeseables que puedan dañar la maquinaria como pueden ser piedras, botellas, botes, el producto de la eliminación de la maleza pesada cuando sea el caso, etcétera.
- Rectificar los taludes, ver foto 16.
- Cortar la maleza más pesada en los taludes utilizando la desbrozadora (si la maleza existente es suave, se puede utilizar la barra taludadora o de corte).

- e) Determinar una frecuencia de corte de la maleza de acuerdo con los parámetros siguientes:
  - i) Evitar que la maleza obstaculice el flujo del agua para que no disminuya la capacidad de conducción de la infraestructura.
  - ii) Eliminar la maleza antes que forme semilla y se disperse a lo largo del distrito.
  - iii) Evitar el endurecimiento de los tallos de las plantas para que el control pueda realizarse con los implementos más sencillos y a menor costo.
  - iv) Cortar la maleza en su primer periodo de crecimiento, ya que el corte tiende a ser más efectivo que en una etapa posterior, pues tiene una mayor influencia en su ritmo de crecimiento.
- f) Una vez que se haya controlado la maleza más pesada, seguirá una etapa de mantenimiento con la barra de corte, cabe aclarar que para este implemento también será necesario determinar su frecuencia de corte de acuerdo con los parámetros arriba señalados.
- g) Por su parte la canastilla segadora podrá utilizarse para cortar y extraer maleza suave de la planilla o de los taludes siguiendo los criterios ya señalados.
- h) Dejar una capa de cubierta vegetal, de preferencia pastos, de por lo menos de 5 centímetros que funcione como protección de los taludes y evitar la caída de azolve a los canales y los drenes.

#### 4.2.2.6 Recomendaciones generales para la utilización de los Equipos Ligeros

Para utilizar eficientemente los equipos ligeros es conveniente considerar los aspectos prácticos siguientes, cabe aclarar que la importancia específica de estos aspectos dependerá de las características prevalecientes en cada área de riego:

- a) Contar con personal capacitado en el uso y mantenimiento de los equipos (operadores, mecánicos y supervisores). Es conveniente que al menos se tengan dos operadores capacitados por equipo.
- b) Mantener y operar los equipos y sus implementos de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes, ésto permitirá que tengan una mayor duración, que siempre estén en condiciones óptimas de operación y que los costos sean menores al evitar posibles descomposuras
- c) Supervisión constante de los trabajos con personal capacitado.
- d) Establecer un programa de seguimiento de la calidad de los trabajos y sus costos, para lo cual cada operador deberá contar con una bitácora de actividades.
- e) Para que el corte de la maleza sea homogéneo en los taludes, estos deberán estar lo más paralelos posible a los implementos, como se muestra en la foto 4.17.

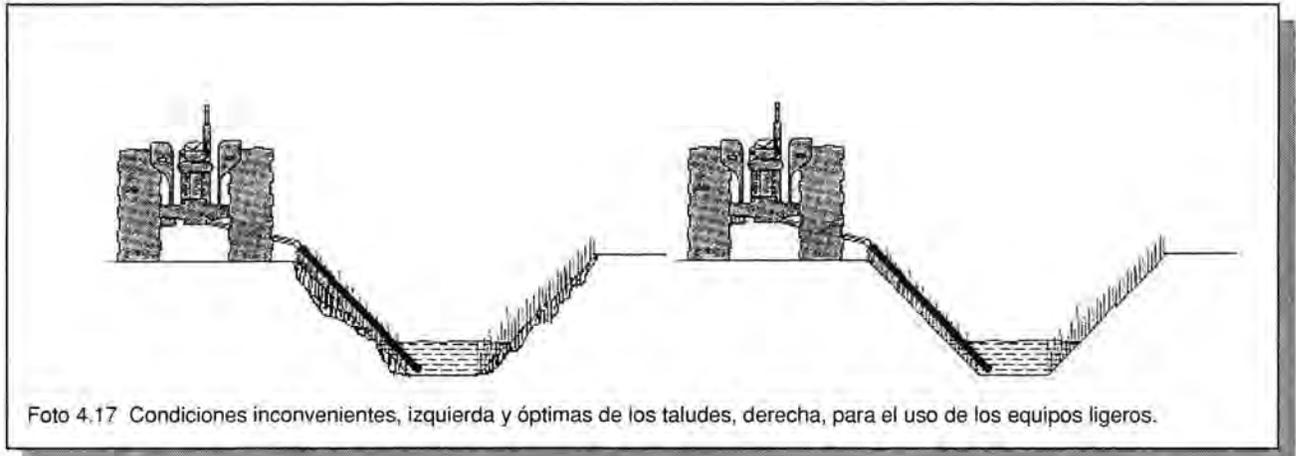


Foto 4.17 Condiciones inconvenientes, izquierda y óptimas de los taludes, derecha, para el uso de los equipos ligeros.

- f) Utilizar siempre el implemento adecuado de acuerdo con el tipo de maleza que se vaya a controlar, se puede tomar como base la información contenida en el cuadro 1.
- g) Realizar los cortes de la maleza considerando los parámetros mencionados anteriormente para determinar la frecuencia correspondiente.
- h) Tener en buenas condiciones de mantenimiento los caminos, ya que un camino en mal estado puede provocar el volteo de los equipos durante el desarrollo de los trabajos sobre todo cuando llevan el brazo totalmente extendido.
- i) Para cada implemento de acuerdo con el tipo y la densidad y la ubicación de la maleza predominante deberá determinarse una velocidad óptima de avance para que el corte de la maleza sea adecuado y económico.
- j) Cuando los canales o los drenes se encuentren en operación al momento de cortar la maleza con la barra o la desbrozadora deberán extraerse manual o mecánicamente los detritos.
- k) Para evitar que los implementos y los equipos mismos se dañen es muy conveniente señalar las estructuras que haya en los taludes para no dañar los implementos y los equipos mismos
- l) Hasta donde las características de la infraestructura lo permitan no es conveniente trabajar tramos cortos.

#### 4.2.2.7 Conclusiones generales sobre el uso de los equipos ligeros

*Finalmente de acuerdo con la experiencia en el uso de los equipos ligeros y considerando sus principales características sus ventajas más importantes, se pueden obtener las siguientes conclusiones:*

- La utilización del brazo hidráulico permite realizar trabajos de control de la maleza y mantener la sección hidráulica completa (taludes, plantilla y bordos) de la mayor parte de los canales y los drenes, aún en tramos en los que el acceso esté restringido a uno de los bordos.

- Por sus características, los equipos ligeros con los tres implementos analizados tienen un potencial de aplicación para el control de la maleza, en el 90% de los canales y en el 70% de los drenes de los distritos de riego. Además que puede dar mantenimiento a la mayor parte de la red de caminos de los distritos de riego.
- Los rendimientos y los costos de los trabajos de control de maleza obtenidos a la fecha, son satisfactorios, sin embargo, podrán mejorarse notablemente, una vez que los operadores de los equipos y los técnicos encargados de supervisar los trabajos cuenten con una mayor experiencia y que aquéllos que lo requieran sean capacitados
- La utilización constante de los equipos ligeros permite realizar trabajos de control de la maleza en forma oportuna, eficiente y económica en condiciones adecuadas de trabajo ya que debido a su versatilidad, pueden utilizar el implemento más adecuado para cada uno de los diferentes tipos de maleza existente en canales, drenes y caminos de las áreas de riego.
- El uso del equipo ligero no deteriora la infraestructura y permite que se desarrolle una capa vegetativa que protege los taludes, esta situación evita que parte del suelo de los taludes caiga al cauce y lo azolve.

#### 4.2.2.8 Otros equipos e implementos

En algunos países de Europa y en Estados Unidos, existen equipos ligeros con otros implementos, además de los arriba descritos, como pueden ser un rastrillo integrado y una succionadora que en una sola operación cortan y extraen el material. Otros, además, cuentan con sierras circulares para cortar árboles, arbustos o ramas gruesas, o con pequeños cucharones para trabajos de desazolve

Se cuenta también con equipo acuático autopropulsado para el control de maleza en canales que conducen agua la mayor parte del año y cuyo acceso es difícil.

### 4.3 *Control mecánico de los distintos tipos de maleza*

#### 4.3.1 **Maleza terrestre**

Las características de la maquinaria y el equipo más convenientes para el control de este tipo de maleza se determinan en función de la longitud y la profundidad de la sección hidráulica, salvo que la maleza tenga una dureza por arriba de la media, como primera instancia deberá utilizarse el equipo ligero con sus diversos implementos.

En este tipo de maleza cuando las condiciones sean las adecuadas no hay que descartar el método manual de control.

Si no se cuenta con equipos ligeros o este no tenga suficiente alcance, en canales y drenes tipos A y B, se podrá utilizar la draga de 3/4 o 1 1/4 yd<sup>3</sup>, equipada con el cucharón de limpieza reforzado con material cortante (tramos de muelle de 1/2" de espesor mínimo) entre los dientes, **siempre y cuando se cuente con operadores experimentados**. Tanto los dientes, como el refuerzo, deberán afilarse constantemente para que puedan cortar eficientemente.

Las excavadoras y las retroexcavadoras con cucharón de zanjadora dentado con adaptaciones como las indicadas para el caso de la draga son más apropiadas para este tipo de trabajo. En otras partes del mundo también se utiliza la excavadora telescópica gradall con el cucharón de dragado.

#### 4.3.2 Lirio acuático

En la mayor parte de los distritos de riego, el lirio acuático se extrae con dragas, excavadoras hidráulicas o retroexcavadoras equipadas con rastrillo o cucharón de canastilla de 2 a 3 m de ancho (en muchos casos diseñados y construidos de acuerdo con las necesidades de cada distrito) y se coloca en bordos de desperdicio. Cuando no se emplea el cucharón de canastilla sino el de construcción los rendimientos son muy bajos y los costos se incrementan.

En canales y drenes tipos A y B, se puede utilizar dragas con cucharón de canastilla o rastrillo. En canales y drenes tipos B y C se recomienda utilizar excavadoras hidráulicas, retroexcavadoras (sobre orugas o sobre ruedas, en función del acceso y del material sobre el que van a trabajar; en canales o drenes tipos D y E se recomienda el uso equipos ligeros, equipados con la canastilla o con rastrillo, con la finalidad de emplear la maquinaria más conveniente en cada caso y disminuir los costos de este trabajo.

Para el caso de almacenamientos, se utilizan cosechadoras que son lanchones que recogen el lirio con unas bandas; el mismo lanchón lo transporta para depositarlo fuera del almacenamiento.

En México se han desarrollado trituradoras que cortan el lirio con unos dientes y lo trituran dejándolo reducido a pequeñas partículas, pero el producto, se queda en el agua una vez triturado y posteriormente se hunde.

Cuando la infestación no es muy fuerte este procedimiento puede ser suficiente, si el grado de infestación es mayor, puede ser necesario aplicar posteriormente algún producto químico después del triturado para controlarlo.

#### 4.3.3 Tule



Foto 4.18 Equipo de trabajo para extraer lirio de un almacenamiento

Para extraer esta maleza en canales y drenes tipos A y B, se recomienda utilizar la draga con cucharón de limpieza igual que el descrito para maleza terrestre. Pero si se tiene acceso por ambos márgenes, se puede utilizar la excavadora hidráulica con canastilla cortadora o con cucharón tipo zanjadora (igual que el descrito para maleza terrestre) de hasta 1 yd<sup>3</sup>. En canales y drenes tipo C, se recomienda la misma excavadora, pero con cucharón de 1 ¼ yd<sup>3</sup>.

En canales y drenes tipos D y E, puede utilizarse la retroexcavadora con cucharón tipo *retro* con cuchilla de corte, el tractor agrícola con brazo articulado y

cucharón de corte sin dientes de hasta  $\frac{1}{2}$  yd<sup>3</sup> o canastilla cortadora y dos tractores (sobre los bordos) que arrastran una cadena de tránsito de tractor D-8; y en el fondo del canal se coloca una raspa de discos que elimina el tule, este procedimiento se recomienda para casos de emergencia, posteriormente deberá extraerse el tule para evitar que se reduzca la sección hidráulica.

Esta maleza se desarrolla principalmente en los drenes, pero puede presentarse también en canales. Cuando su época de extracción coincide con la del desazolve se hacen ambos trabajos en una sola operación y se disminuyen los costos.

#### **4.3.4 hidrila**

En los últimos años se ha incrementado la infestación de los canales de riego a causa de la maleza acuática denominada hidrila, cuyo crecimiento es explosivo. En la mayoría de los distritos de riego de Tamaulipas se ha propagado severamente afectando la operación de los canales y ocasionando un notable incremento en los costos de conservación.

Los distritos de riego 014 Río Colorado, en Baja California y 086 Soto La Marina, en Tamaulipas han desarrollado programas de control de hidrila exitosamente.

Para extraer la hidrila se usan dos tractores agrícolas o buldózer que arrastran dos cadenas (con un peso mínimo de 25 kg/m, que se incrementa según el grado de proliferación y la dificultad para extraerla) cuya función es arrancar la maleza del fondo del canal, el agua la arrastra y la deposita aguas abajo, en las represas donde se extrae con la excavadora hidráulica o con la draga y se coloca en bordos de desperdicio ubicados en áreas aledañas a las represas.

Otro procedimiento consiste en extraer la hidrila utilizando excavadoras, retroexcavadoras o equipos ligeros equipados con cucharones de canastilla o con la canastilla cortadora que corta directamente de los canales de riego, evitando la propagación que ocasiona el uso de la cadena.

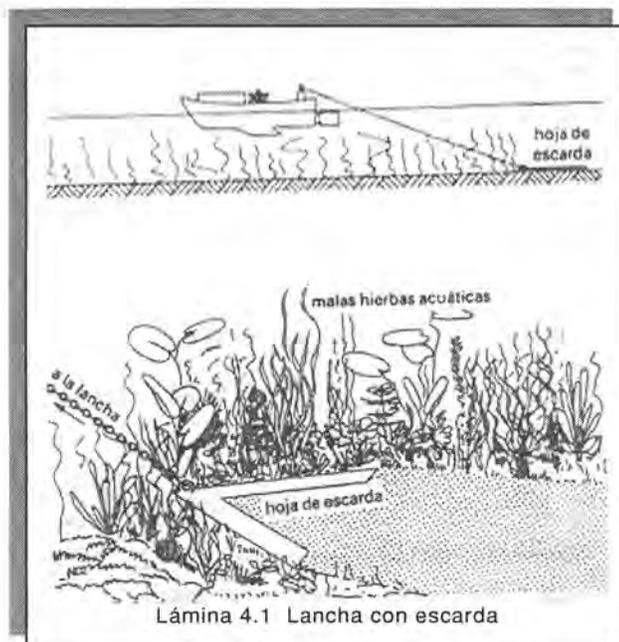
En el Distrito de Riego del Valle Imperial en California, Estados Unidos y el Distrito de Riego 014 Río Colorado, en Baja California, en canales revestidos, se emplea el siguiente procedimiento para eliminar y controlar la hidrila:

1. Con una retroexcavadora equipada con cucharón de canastilla se extrae el grueso de la hidrila.
2. Las plantas que hayan quedado, se eliminan con el paso de un bastidor metálico que cuenta con una sección de madera y una junta periférica de hule que prácticamente "barre" la sección. Un camión arrastra el bastidor con un cable y tiene además una grúa para maniobras como el trasladado del bastidor y salvar las estructuras que se encuentren a lo largo del canal.
3. Las grietas del canal donde hayan quedado residuos de plantas de hidrila, se limpian perfectamente con un cepillo de alambre.
4. Las grietas se sellan con pegamento epóxico.
5. Se siembra carpa herbívora.

#### **4.3.5 Maleza sumergida**

Para eliminar este tipo de maleza, en Europa se emplean pequeñas lanchas equipadas con una barra de corte subacuática o con dos barras una horizontal y otra vertical o una hoja de escarda en forma de V, que penetran ligeramente en el fondo del cauce y se mueven de tal forma que el material cortado sube a la superficie y no se enreda alrededor de la cuchilla.

Estas lanchas requieren para operar de una profundidad mínima en los canales de 40 cm; su rendimiento depende de la densidad de la vegetación y puede fluctuar entre 2.5 y 4 km/hora.



Cuadro 4.4 Parámetros de rendimientos promedio para trabajos de control de maleza

TIPO DE MAQUINARIA	CONCEPTO	RENDIMIENTO					UNIDAD
DRAGA	<i>3/4 yd<sup>3</sup> 1 1/4 yd<sup>3</sup></i>						
	Extracción de tule						
	Plantilla menor de 4 m						ha / he
	Material blando	0.043					ha / he
	Plantilla mayor de 4 m						
	Material blando	0.053	0.065				ha / he
	Material común	0.045	0.050				ha / he
	Extracción de lirio						
Plantilla menor de 4 m	0.048					ha / he	
Plantilla mayor de 4 m	0.050	0.055				ha / he	
EXCAVADORA HIDRÁULICA	<i>3/4 yd<sup>3</sup> 1 1/4 yd<sup>3</sup></i>						
	Extracción de tule						
	Plantilla menor de 4 m	0.040	0.045				ha / he
	Plantilla mayor de 4 m	0.057	0.060				ha / he
	Extracción de lirio						
	Plantilla menor de 4 m	0.036	0.043				ha / he
Plantilla mayor de 4 m	0.032	0.036				ha / he	
TRACTOR BULDÓZER		<i>D-4</i>	<i>D-5</i>	<i>D-6</i>	<i>D-7</i>	<i>D-8</i>	
	Desmonte y desenraice	0.100	0.120	0.170	0.220	0.310	ha / he
	Extracción de hidrila						
	Plantilla menor de 3 m			0.380			km / he
Plantilla mayor de 3 m			0.152			km / he	

## 5 CONTROL QUÍMICO

### 5.1 Introducción

Los métodos tradicionales para el combate de la maleza acuática han sido el mecánico y el manual, no obstante el uso de herbicidas se ha incrementado en los últimos cuatro años. Este incremento se debe a que los productores que lo aplican, mencionan que el control químico es más efectivo, rápido y económico que el tradicional (Vega, 1993). Desgraciadamente el uso generalizado de herbicidas ha ocasionado otros problemas colaterales, como son la selección de especies de maleza resistentes a determinados compuestos y por otro lado la contaminación de acuíferos y cuerpos de agua.



Foto 5.1. Aplicación de herbicidas en la derivadora "El Chiculi" para el control del tule.

El presente trabajo tiene como objetivo difundir las especificaciones, recomendaciones y precauciones; técnicas y herramientas requeridas para el empleo del control químico de la maleza acuática en canales y drenes, así como analizar y discutir las alternativas y estrategias de éste, dentro de un programa de manejo integrado, desde el punto de vista de eficiencia, duración, costo y sobre todo la seguridad para el ambiente, dentro de un sistema de producción agrícola sostenible.

### 5.2 Conceptos generales

**Plaga.** Todo organismo vivo que bajo ciertas condiciones afectan el bienestar humano: insectos, aves, roedores, nemátodos, bacterias, maleza, etc.

**Maleza.** Se denomina "maleza" a las plantas que se consideran nocivas, dañinas o indeseables; ya sea porque obstaculizan el uso de la tierra y los recursos hidráulicos o porque afectan en forma adversa al bienestar humano. En determinados casos todas las especies vegetales pueden devenir en nocivas;



Foto 5.2. Control total de la vegetación en drenes utilizando herbicidas no selectivos.

algunas especies casi siempre lo son, pero ninguna lo es por completo.

De ahí que una definición de maleza pudiera ser la siguiente: plantas que llegan a ser perjudiciales o indeseables en un determinado lugar y en cierto tiempo.

**Maleza.-** Nombre genérico y plural para designar a las especies vegetales nocivas o "no deseadas". Se puede emplear como sinónimo de "malas hierbas", considerando que afectan en forma negativa los intereses particulares o los de la población. En general, son plantas que se desarrollan en un lugar no deseado o bien son plantas de las cuales no se obtiene ningún beneficio o nulo aprovechamiento.

**Maleza acuática.-** Especies de maleza que inician y/o completan al menos parte de su ciclo vital en los cuerpos de agua, o bien los ambientes acuáticos favorecen su desarrollo y reproducción.



Foto 5.3. Diferentes especies de maleza acuática compiten y se desarrollan en un mismo hábitat.

**Control.-** Eliminación y/o suspensión temporal o permanente de los efectos nocivos (problemas y daños), ocasionados por una especie plaga, en este caso la maleza. El objetivo del control es mantener la población de la especie plaga, como una especie más de la comunidad biológica.

**Combate.-** Cualquier acción o medida para abatir o reducir la población de un especie plaga, sin que ello implique acabar con los efectos nocivos que ésta ocasiona.

**Control de maleza.-** Se llama así, a cualquier acción, medida o práctica agrícola, hidráulica, biológica encaminada a controlar el desarrollo, daños y problemas ocasionados por la presencia de poblaciones de plantas nocivas y beneficiar a las plantas de interés o mantener en buen estado la infraestructura, área o lugares destinados al sostenimiento de la producción.

**Control químico.-** Es el uso de cualquier compuesto, material, sustancia o mezcla de sustancias de naturaleza química, para el control de una especie plaga.

Para fines del caso, este concepto se aplica en forma generalizada al uso de herbicidas para control de malas hierbas.

**Plaguicida.-** Son las sustancias o ingredientes activos, así como las formulaciones o preparados que contengan uno o varios de ellos, destinados a combatir o eliminar los agentes o las plagas nocivas a los diferentes aprovechamientos del hombre.

**Herbicida.-** Sustancia, producto químico u organismo biológico cultivado o parte de él, utilizado para matar, suprimir o detener el crecimiento de las plantas. En México no se comercializan los herbicidas de origen biológico, de manera tal que cuando el término es utilizado, se refiere a productos químicos.

Las personas que recomienden, vendan o manejen herbicidas, deberán hacer cumplir las especificaciones, requisitos y precauciones antes de utilizarlos y esto se hará sólo cuando la maleza sea un problema real y no haya otra forma de poder controlarla.

### 5.3 Antecedentes del control químico de la maleza acuática

El control químico de la maleza acuática, se inicia prácticamente a principios del siglo pasado. El Dr. Bernard P. Domogalla en la década de los veinte en E.U.A. realizó en forma comercial las primeras aplicaciones de sulfato de cobre para el control de algas y otro tipo de maleza que se desarrolla en tinacos tubería y cuerpos de agua destinados al consumo humano.

En 1941, R. Porkony (E.U.A.) realizó la síntesis química del 2,4-D, pero fueron P. W. Zimmerman y A.E. Hitchcock quienes descubrieron su acción herbicida dos años más tarde. Hasta 1944 fue utilizado por primera vez como herbicida comercial en los E.U.A, recomendándose posteriormente su uso contra maleza acuática.

En México, en el año de 1959 se inició la aplicación de herbicidas en los drenes del DR del "Río Yaqui" en Obregón, Son. Las especies controladas fueron lirio acuático y tule utilizando altas dosis de los herbicidas TCA (ácido tricloro acético) y 2,4-D. La aplicación de estos herbicidas en los drenes y bordos de canales fue suspendida años más tarde, porque ocasionaba problemas de fitotoxicidad sobre algunos cultivos sensibles como calabaza y chile; sin embargo se siguió utilizando la mezcla de 2,4-D más picloram sobre los tocones de la maleza arbustiva y de consistencia leñosa.

En 1973 la SRH elaboró un manual para el control químico de las principales especies de maleza acuática de México.

Para 1988 en E.U.A., había registrados más de 10 productos herbicidas para el control de la maleza acuática, tales como: acroleína, complejos de cobre, 2,4-D, dicamba, dichlobenil, diquat, endothall, fluridone, glifosato y simazina. A la fecha se tiene un mayor número de productos registrados, como el caso de dalapon y picloram.

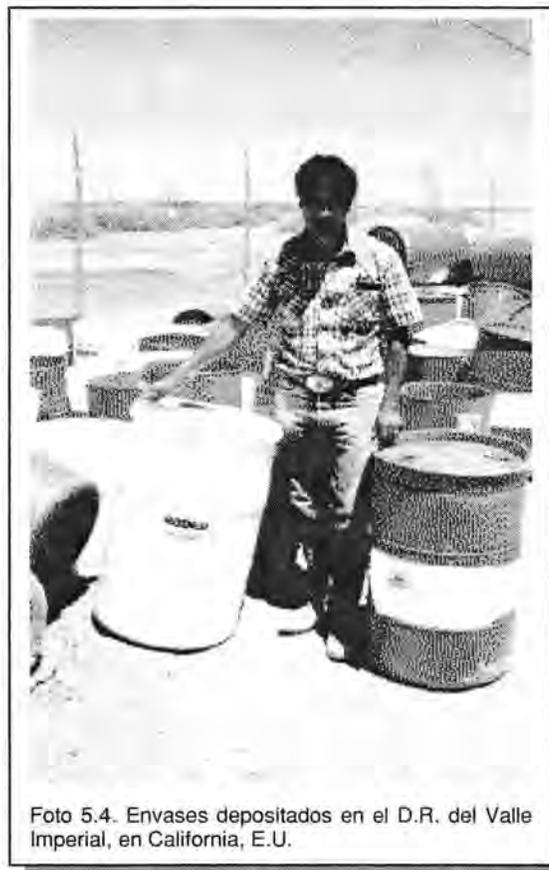


Foto 5.4. Envases depositados en el D.R. del Valle Imperial, en California, E.U.

En México en 1992, algunas Asociaciones de Usuarios (AU) de los primeros distritos de riego transferidos, inician la aplicación de glifosato en forma generalizada sobre los drenes y los bordos de los canales.

El control químico de la maleza en México, se inicia en forma oficial en 1993, con el establecimiento del Programa Nacional de Control de Malezas Acuáticas (PROCMA). En este programa se contemplaba el uso de herbicidas como parte complementaria del control de la maleza (Gutiérrez et al., 1994).

Los herbicidas autorizados en México en el año de 1993 por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST) para el control químico de la maleza en canales y drenes, fueron: diquat, glifosato y glufosinato de amonio, pero incluía otros productos para ser aplicados en áreas no cultivadas como es el caso de los márgenes y bordos de los canales de riego.

Con respecto al control químico, se determinaron a nivel experimental los mejores herbicidas y las dosis económicas para control del lirio acuático en canales de riego y el tule en los drenes del distrito de riego 041 "Río Yaqui", Sonora.

La aplicación generalizada de glifosato en canales y drenes de los distritos de riego transferidos, ocasionó la selección de especies resistentes para este herbicida como son: lirio chino o cebollín (*Hymenocallis sonorensis*), pino saldo (*Tamarix sp.*) y los chamizos (*Salsola sp.* y *Artiplex sp.*), que hoy son las principales especies plaga, después de haber eliminado el tule, lirio acuático y otras especies de gramíneas y plantas susceptibles al producto (Vega, 1994a).

En 1994, se realizó el primer curso sobre el control integrado de la maleza en canales y drenes, como parte del programa de capacitación para técnicos de las Asociaciones de Usuarios de los distritos de riego.

#### 5.4 Importancia y justificación del control químico

En los distritos de riego, se destina un gasto muy elevado para el combate de la vegetación nociva o maleza que infesta los diferentes tipos de infraestructura. Este costo es aproximadamente el 25% (15% para maleza acuática y 10% para terrestre) del presupuesto oficial asignado a cada distrito para las labores de conservación y mantenimiento. En estos se presentan problemas de conservación diferida y la maleza es controlada con los métodos mecánico y manual (tradicional) que implica haber triplicado el costo.



Foto 5.5. Propagación y diseminación por medio de la maquinaria.

Por ser costoso el uso de la maquinaria, sólo se realiza durante los picos de la infestación; ello favorece la diseminación, propagación, rápido crecimiento y recuperación de las plantas podadas, ocasionando que su eliminación se dificulte y se incremente hasta tres o más, el número de veces que se emplea la maquinaria por año. Estos factores han influido para que los usuarios de los distritos de riego transferidos, hayan decidido utilizar otras alternativas

más económicas para el combate de la maleza, como el uso de productos químicos (herbicidas) y organismos vivos (control biológico).

Los usuarios mencionan que el control químico es más barato, más fácil y efectivo que el control tradicional y que sus efectos son más duraderos. Estos planteamientos los basan en las observaciones realizadas durante las visitas técnicas a los distritos de riego de los Estados Unidos de Norteamérica, donde constataron que el 90% del combate de la maleza en canales y drenes se realiza con productos químicos y equipos de aplicación muy sofisticados.



Foto 5.6. Equipo de aplicación con infrarojo.

En E.U.A. se justifica el uso de herbicidas cuando no queda otra alternativa para controlar la maleza y la razón más importante para ello, es que los herbicidas no solo destruyen la maleza, sino también; pueden afectar algas, peces y otro tipo de organismos e incluso la seguridad de los aplicadores o bien, de los consumidores de las aguas tratadas; por ello se complementan con estudios de impacto ambiental y monitoreo de los residuos, incrementándose el costo de la aplicación, pero minimizando los riesgos. No obstante el método químico es muy utilizado, debido a su bajo costo de operación, a la facilidad de realizar el saneamiento de grandes áreas, además de que los efectos visuales del control, se logran a corto plazo.

### **5.5 Medidas para eficientar el control de la maleza**

- a) Identificación del problema. Conocer la especie o asociación de especies que causan el problema. Se deberá ubicar el tipo de maleza de acuerdo a los diferentes criterios de clasificación, de preferencia aquéllos con enfoque sistemático.
- b) Cuantificación del problema. Es conveniente contar con un inventario que proporcione información sobre: tiempo de inicio del problema, dinámica del área infestada, distribución y proporción de especies, densidad, altura, y etapa fenológica de la maleza.
- c) Causas que lo favorecen o limitan. Se recomienda obtener información sobre la diseminación de las plantas (focos de infestación), así como las causas ambientales o culturales que favorecen o limitan el desarrollo de maleza en el sitio del problema o inferir sobre la fluctuación de la población por estación o temporada, y de ser posible las características climáticas, edáficas e hidrológicas del sitio.
- d) Información específica sobre la maleza. No es posible dar una recomendación si no se cuenta con la información sobre la biología, distribución, daños, hábitos y requerimientos climáticos y otros aspectos específicos de la maleza.
- e) Es necesario definir un plan estratégico de combate, elegir la época y considerar las condicio-

nes locales más adecuadas para llevarlo a cabo, sin omitir la integración de los diferentes sectores o instituciones participantes y la programación de todas las medidas efectivas, económicas y seguras, dentro de un programa de control integrado. Si este plan pretende utilizar el control químico, es recomendable realizar una campaña de información en las localidades y con los propietarios afectados por la aplicación, señalando los riesgos y precauciones.

f) Finalmente se deberá implementar este programa de control integrado, evaluando periódicamente la efectividad y el avance del mismo. Al término de este programa, se procederá a elaborar una lista de las actividades y acciones para darle mantenimiento a las áreas saneadas y evitar así una nueva reinfestación.

### 5.6 Especificaciones del control químico

El combate químico es una de las medidas que más se ha utilizado para reducir la problemática originada por la presencia de maleza en canales y drenes. Para su empleo se requiere el conocimiento de las especificaciones técnicas, los riegos y los efectos de las aplicaciones de herbicidas, porque se liberan sustancias que no sólo matan las plantas, sino que también pueden causar daños directos e indirectos a otro tipo plantas y organismos e inclusive al hombre.

La aplicación de herbicidas puede ser efectiva si se llevan acabo las siguientes especificaciones:

- Conocer la especie o especies de maleza a controlar, considerando su biología, hábitos, período de competencia y etapa más susceptible a los herbicidas.
- Seleccionar la dosis del producto o la mezcla de productos más adecuados, evaluados en la región.
- Evaluar la superficie, longitud, gasto y volumen escurrido del dren o canal para definir la cantidad de producto a utilizar.

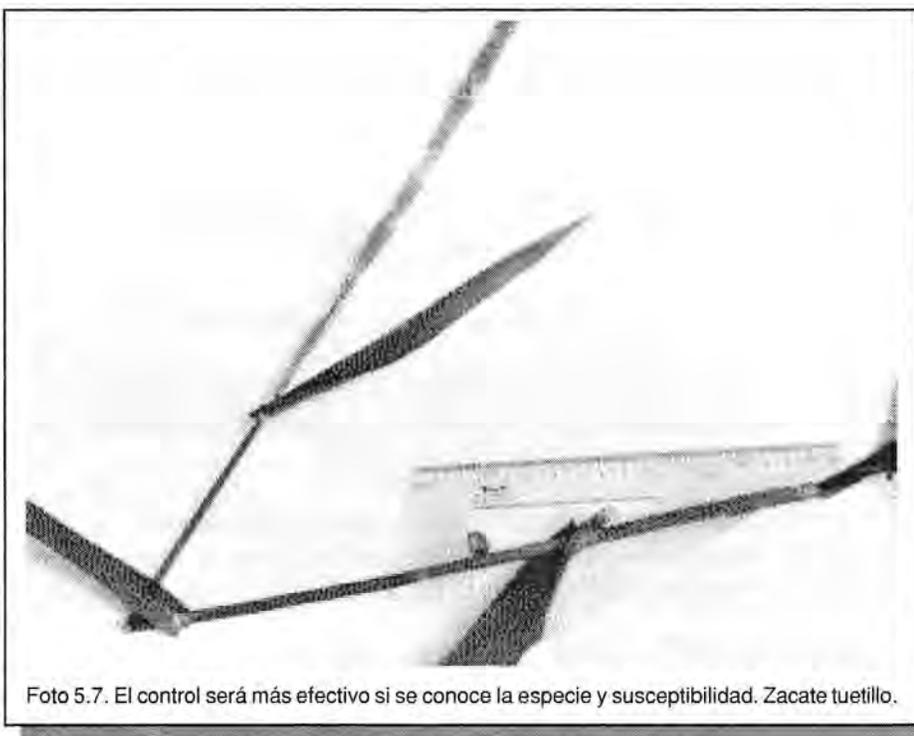


Foto 5.7. El control será más efectivo si se conoce la especie y susceptibilidad. Zacate tuetillo.

- Aplicar la proporción recomendada del herbicida (dosis y dosificación adecuada).
- Utilizar agua limpia de buena calidad en caso de dilución del producto.
- Utilizar coadyudantes (adherentes, surfactantes y humectantes) compatibles con el herbicida, cuando se requiera buena cobertura, éste no deberá exceder del 0.5% del volumen de la mezcla herbicida + agua .

- Utilizar el equipo de aplicación adecuado y que esté previamente calibrado en el sitio, considerando las condiciones normales de aplicación.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales más apropiadas para realizar la aplicación. Por ejemplo la temperatura del aire y la velocidad del viento.

### 5.7 **Ventajas y desventajas del control químico respecto a otros métodos**

Ventajas del control químico.

- Puede aplicarse en grandes superficies en forma simultánea.
- Los efectos son más rápidos y tienen mayor duración.
- Las plantas eliminadas quedan en el mismo lugar del tratamiento.
- Es más económico que el control mecánico y manual.
- Minimiza la compactación del terreno.
- Es compatible con otros métodos de control.

Desventajas del control químico.

- Se liberan compuestos tóxicos o contaminantes en el ambiente.
- Requiere de equipo y personal calificado para su aplicación.
- Su aplicación debe realizarse en la etapa fenológica más susceptible.
- Se puede favorecer la selección de especies resistentes.
- Una especie puede generar resistencia a los herbicidas.

### 5.8 **Consideraciones y restricciones del control químico**

Antes de utilizar el uso de herbicidas es necesario considerar que:

- Un producto comercial formulado como herbicida contiene diferentes sustancias que en mayor o menor grado son tóxicas o ajenas al ecosistema.



Foto 5.8. Aplicación de herbicidas en canales y drenes.

*Una gran parte de los herbicidas va a dar al agua y se desconoce su destino final.*

- Cuando se aplican herbicidas sobre la maleza acuática y marginal, gran parte de la mezcla va a dar al agua y se dispersa hacia sitios no tratados.
- El agua es un fluido que está en constante movimiento y que los herbicidas no quedan en el lugar que se depositan.
- El agua del mismo cuerpo puede destinarse a diferentes usos.
- El agua tratada o sitio de aplicación no pertenecen a un solo dueño y se pueden afectar intereses ajenos.
- Puede ser una medida efectiva para solucionar el problema, cuando se siguen las normas y recomendaciones, ya que está diseñado para el uso racional y no abuso de los mismos.
- Utilizar los productos y dosis más económicas, efectivas y seguras a los ecosistemas y a la población, previamente evaluados bajo las condiciones locales.
- El control químico sólo es recomendable cuando cumpla con los requisitos que se señalan a continuación, de preferencia cuando sea parte complementaria de los programas de control integrado.

### 5.9 Requisitos para asegurar la efectividad del control químico

- Conocer la especie o especies a controlar y su etapa más susceptible.
- Seleccionar los productos, dosis y equipo de aplicación adecuados.
- Utilizar agua limpia de buena calidad para la preparación de mezclas.
- Utilizar coadyudantes (adherentes, surfactantes y humectantes) compatibles cuando se requiera.
- Utilizar el equipo de aplicación previamente calibrado en el sitio del tratamiento.
- Realizar la aplicación bajo las condiciones ambientales más apropiadas.

### 5.10 Herbicidas

Antes de manejar, recomendar o aplicar un herbicida es indispensable realizar la identificación y clasificación del mismo, además de conocer su formulación, presentación, toxicología y persistencia para hacer una selección adecuada.

Lámina 5.1. Ejemplo de una etiqueta con información necesaria para la Identificación de los herbicidas.

- Fórmula química:	glicina N-(fosfonometil)
- Nombre común:	glifosato
- Nombre comercial:	FAENA, LIDER, ASSADÓN, NEWCAP, CUFOSATO, RODEO, ROUND UP.
- Estructura química:	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{O} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{Ho} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{HN} - \text{CH}_2 - \text{P} - \text{OH} \end{array}$

### 5.10.1 Identificación de los herbicidas

Un herbicida se puede identificar de diferentes maneras, primeramente por su fórmula química, o bien mediante el empleo de las reglas de nomenclatura química, por su nombre técnico o común (inician con minúscula y están mundialmente registrados ante la Asociación Mundial de Normas), por su nombre comercial (empieza con mayúscula y es una marca registrada por el fabricante y/o distribuidor) y por su estructura química. Ejemplo (lámina 5.1).

### 5.10.2 Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas se pueden clasificar de acuerdo a los diferentes criterios o puntos de vista que pueden ser los siguientes: origen, presentación y/o formulación, familia o grupo químico al que pertenecen, selectividad, modo, sitio y forma de acción, toxicidad, persistencia, época y tipo de aplicación etc. La clasificación permite un mejor conocimiento y utilización de un herbicida. A continuación se mencionan en forma sintética los criterios más utilizados.

De acuerdo a su origen los herbicidas pueden ser: naturales o sintéticos, biológicos o químicos y orgánicos, inorgánicos o minerales.

En cuanto a su forma de presentación y/o formulación: granulados, polvos (solubles, humectables o mojables) y líquidos (soluciones, suspensiones, concentrados emulsificables y líquidos miscibles o solubles).

Conforme a su composición química pueden clasificarse en familias o grupos químicos siguientes (se incluyen ejemplos de herbicidas que se aplican sobre maleza acuática):

- Inorgánicos (sulfato de cobre).
- Orgánicos (glifosato, acroleína).
- Aceites de petróleo (citrolina, diesel etc.).
- Fenoxialifáticos (2,4-D).
- Amidas sustituidas.
- Nitroanilinas (trifluralin).
- Grupo de la urea
- Carbamatos.
- Triazinas (simazina, atrazina)
- Ácidos alifáticos (dalapon).
- Ácidos arilalifáticos.
- Dinitrofenoles.
- Bipiridilos (diquat).
- Químicos diversos (endothall)

De acuerdo a su selectividad, un herbicida puede ser selectivo o no selectivo. En cuanto a su modo de acción, un herbicida puede ser de contacto, sistémico o fumigante.

La forma de acción fisiológica de los herbicidas se refiere al sitio de acción que llegan a afectar y su acción, éstos pueden ser defoliantes, inhibidores, desecantes etc.

Los herbicidas también se clasifican de acuerdo a la época o al momento en que se debe realizar la aplicación; así como al tipo o forma de realizar esta aplicación. Los herbicidas que se emplean para el control de la maleza acuática conforme a estos dos criterios son preemergentes, postemergentes y foliares, fumigantes, herbicidas e inyectables respectivamente.

La clasificación pretende ampliar el conocimiento sobre el herbicida y asociar sus características y propiedades. En forma general este tipo de información se adjunta en la etiqueta.

### 5.10.3 Toxicidad y persistencia de herbicidas

#### *Toxicidad de herbicidas*

Uno de los datos más importantes del control químico es conocer la toxicidad de los herbicidas. La toxicidad es la venenosidad o la peligrosidad de un producto o mezcla de productos, con la capacidad de matar o causar daños a un organismo, individuo o población. Los herbicidas dependiendo de su toxicidad se pueden clasificar como extremadamente tóxicos, altamente tóxicos, moderadamente tóxicos y ligeramente tóxicos. Estas categorías están relacionadas con la dosis que causan la muerte o daño sobre el organismo, población o especie de interés, pero es necesario también saber el tipo de dosis y animales tratados a los que se hace referencia.

**Dosis.** Es la cantidad de producto que hay que aplicar a un individuo o población para lograr el porcentaje de mortalidad o efecto deseado.

El tipo de dosis al que se debe hacer referencia estará en función del tipo de administración (oral, dermal o fumigante), porcentaje de la mortalidad de la población ( 50, 75 y 100%) y el tiempo de la administración de la dosis (crónica y aguda). Generalmente la dosis se expresa en peso, volumen del producto por la masa corporal, área o peso del individuo tratado o concentración del producto en el aire y la duración a la que fue expuesto. Las unidades más comunes son: mg/kg ó ppm (partes por millón) y kg ó l/ha.

**Dosis letal 50 (DL<sub>50</sub>).** Se refiere a la dosis requerida para matar al 50% de la población tratada. Usualmente se utilizan mamíferos, como ratas o conejos, para determinar este parámetro, pero en el caso de herbicidas acuáticos es necesario conocer estos valores sobre especies acuáticas indicadoras como *Daphnia pulens* y las principales especies nativas de peces y aves.

**Concentración Letal 50 (CL<sub>50</sub>).** Es la concentración del producto en el aire que se requiere para matar el 50% de la población tratada.

**Dosis Letal Aguda.** Es la dosis mínima para matar un individuo de peso conocido aplicada en una sola oportunidad, sin importar la vía de administración.

**Dosis letal crónica.** Se refiere a la dosis máxima suministrada por lo menos en dos ocasiones y que produce la muerte de un individuo de cierto peso independientemente de la vía de administración.

**Dosis Oral.** Es la dosis del producto administrada por ingestión o vía oral.

**Dosis Dermal.** Es la dosis aplicada sobre la piel desprovista de pelo o epidermis de algunos mamíferos.

**Dosificación.** Es mantener la proporción de la dosis recomendada en las dimensiones reales del peso, área o volumen a aplicar. Dosificar es la aplicación correcta de la dosis sobre las condiciones físicas y operativas del problema.

**Limite Máximo Permissible (LMP) o Limite Máximo Reconocido.** Se refiere a la máxima concentración permitida del químico, que es detectada sobre agua, suelo, productos y subproductos agropecuarios. Estos límites son establecidos por Agencias especializadas en protección al ambiente y sa-

lud humana. Las normas de seguridad sobre el uso de herbicidas en México es controlado por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).

### *Persistencia de herbicidas*

La persistencia de un herbicida se determina mediante el tiempo que transcurre desde el momento en que es aplicado, hasta que ha sido degradado o inactivado en el ambiente. Generalmente se considera como parámetro el tiempo medio de vida o degradación total de la molécula o compuesto del ingrediente activo. De acuerdo a la persistencia los herbicidas se clasifican en cinco categorías: ligeramente persistentes (menos de 1 mes), poco persistentes (de 1 a 6 meses), medianamente persistentes (de 6 a 12 meses), altamente persistentes (más de un año y menos de veinte) y permanentes (más de veinte años).

La persistencia puede considerarse desde tres puntos de vista: toxicológico, ecológico y biológico. La persistencia toxicológica es la más importante en el caso de la salud pública y se refiere al tiempo que el producto permanezca potencialmente tóxico para el hombre en el ambiente. La ecológica hace referencia al tiempo que se prolongan los efectos a los ecosistemas. Finalmente la biológica se determina en el tiempo que el herbicida permanece en cantidad biológicamente activa o capaz de matar a una planta, esto es importante para establecer los rangos de protección e intervalos de aplicación.

#### **5.10.4 Mecanismos generales de acción herbicida**

El mecanismo de acción, es el principal proceso o reacción bioquímica o fisiológica donde actúa el herbicida para ocasionar la muerte.

La acción fisiológica se refiere a todos los procesos y eventos involucrados a partir del momento en que la molécula entra en contacto con el blanco específico (sitio de acción del herbicida), desencadenando una serie de procesos bioquímicos que finalmente conducen a la suspensión del desarrollo o la muerte de la planta.

Para que un herbicida realice su actividad biológica y fisiológica, se requiere considerar el proceso siguiente (lámina 5.2):

- a) Entrar en contacto con la planta.
- b) Penetrar al interior de la planta.
- c) Transportarse al sitio de acción.
- d) Interferir con algún proceso vital.



Lámina 5.2 Movimiento del herbicida en la planta.

### *Mecanismos generales de acción herbicida*

Los herbicidas de contacto ejercen su acción sobre la membrana celular a la que degradan y ésta aumenta su permeabilidad y llega a salirse el contenido celular causando una quemadura. Para que la muerte de la planta llegue a ocurrir se requiere que presente un gran número de quemaduras, cuando esto llega a suceder se logra una buena cobertura del herbicida sobre el vegetal.

Los herbicidas sistémicos no matan a las células al momento de entrar en contacto con ellas, sino que son absorbidos por las hojas o por la raíz y luego son transportados por el sistema vascular a todos los órganos de la planta, matándola en forma íntegra poco tiempo después.

Algunos herbicidas actúan sobre moléculas enzimáticas, ya sea bloqueando su acción catalítica (inactivándolas) o destruyéndolas. La ausencia de la actividad enzimática interrumpe algunos procesos fundamentales. Otros herbicidas interfieren sobre los cromosomas, específicamente sobre el sistema del DNA-RNA rompiendo el equilibrio bioquímico normal. Finalmente es necesario puntualizar que algunos herbicidas pueden tener una doble acción o mixta; la acción de contacto débil y otra donde ocurre cierta sistemicidad.

#### **5.10.5 Relación herbicida – planta – agua – suelo**

El trayecto y destino de los productos liberados no finaliza cuando se realizó una aplicación, sino al contrario, a partir de ese momento, su trayecto estará fuera de control del aplicador, y su destino final dependerá de una serie de procesos y factores involucrados en la relación herbicida-planta-agua-suelo, que puede ser muy compleja dependiendo de los procesos involucrados.

Una vez liberado el producto puede o no llegar al objetivo. Antes de llegar a la planta puede ser acarreado o desviado por el aire, evaporado o volatilizado en la atmósfera, depositado, diluido, transportado por el agua, inactivado o degradado en el suelo. En la planta el producto debe ser interceptado, penetrar y ser absorbido, transportado y retenido. Si el herbicida es desviado y no se evaporó durante la aplicación o se degrada en el aire, será depositado en el suelo o agua donde generalmente se puede percolar y llega a disminuir su concentración (diluirse).

##### a) Herbicida – agua

Cuando el herbicida es depositado en el agua, generalmente se diluye y es transportado en el sentido en que se genera el flujo, antes de que éste se adsorba o se inactive. Los sedimentos del cuerpo de agua son los encargados de recibir las moléculas intactas o metabolitos. Conjuntamente con las partículas en suspensión el sedimento se encarga de adsorber al herbicida; ello quiere decir que el producto queda atrapado por la naturaleza geométrica y electrostática de las partículas, sin necesariamente existir un cambio considerable en su estructura molecular.

La inactivación puede ser de tipo biológico y no biológico. La inactivación biológica la realizan los microorganismos, flora y fauna del cuerpo de agua, mediante el metabolismo y/o degradación. La no biológica es la más significativa, ya que existe fotodescomposición por la presencia de la luz y reacciones oxido-reductoras que dependen de los parámetros físico-químicos del agua, por ejemplo: pH, presencia de aniones y cationes, etc. que finalmente inactivan al herbicida.

##### b) Herbicida – suelo

Los herbicidas aplicados al suelo o que indirectamente son depositados en el suelo, se mueven por difusión tanto en la fase líquida como la gaseosa, de las zonas de mayor a las de menor concentración y pueden seguir las siguientes vías:

Percolación. Es el movimiento o transporte del herbicida más importante en el suelo, principalmente para aquéllos de alta solubilidad y poco absorbidos por los coloides. El movimiento se da en todos los sentidos dependiendo del flujo del fenómeno promotor.

#### *Disminución de la concentración*

La disminución de la concentración efectiva o dilución de los herbicidas se puede deber a varias causas de las cuales, se pueden enumerar las siguientes:

- 1 Inactivación no biológica (fotodescomposición y reacciones de óxido-reducción de los herbicidas con radicales libres).
- 2 Inactivación biológica (reacciones bioquímicas que realizan los microorganismos del suelo para metabolizar, catalizar o degradar los herbicidas).
- 3 Otros procesos físico-químicos. Entre los procesos de pérdida de herbicida de tipo físico-químico son:

Lixiviación. Es el movimiento descendente del herbicida acarreado por el agua a través del perfil del suelo. El descenso del herbicida puede ser mayor al alcance de las raíces de la planta. Este proceso depende en gran manera de los factores siguientes:

- Interrelación de adsorción entre el herbicida y el suelo.
- Solubilidad del herbicida.
- Cantidad de agua que escurre.
- Absorción del herbicida.

Volatilización. La pérdida del herbicida en el suelo por éste proceso que consiste en el paso del producto de la fase líquida al estado gaseoso, está muy influenciada por las características del herbicida, temperatura, porosidad, textura y contenido de humedad del suelo.

Adsorción. Es la fijación transitoria del herbicida sobre la superficie sólida del suelo. Los compuestos adsorbentes se encuentran en la fracción coloidal del suelo y son tanto inorgánicos como orgánicos. Las arcillas y humus tienen carga negativa, en tanto que los hidróxidos de fierro y aluminio (silicatos) tienen carga positiva.

Este proceso es el más importante ya que influye sobre los otros que se presentan en la relación herbicida-suelo-planta, funcionando el suelo como un almacén que abastece o retiene el producto según sea la concentración de la solución que rodea a las partículas adsorbentes.

#### c) Herbicida – planta

La forma de poner en contacto el herbicida con la planta objetivo o que se pretende eliminar se realiza normalmente mediante tres tipos de aplicaciones: al suelo, foliares y mediante el agua o inmersión.

### Herbicidas preemergentes:

Las aplicaciones al suelo en forma preemergente (antes que se dé la emergencia de las plantas), tienen como objetivo colocar una concentración suficiente del herbicida en la primera capa del suelo donde germinan las semillas de la maleza, para que entren en contacto raíces y tallos emergentes. Para que el herbicida sea absorbido por las raíces debe de estar en solución al igual que los nutrientes. Para el ingreso a la planta el herbicida pasa a través de las paredes celulares de los pelos absorbentes que son la primera barrera de entrada; luego en su camino al xilema encuentran las "banda de Caspary" en la endodermis, misma que es selectivamente permeable a los iones, por lo cual no todos los herbicidas pueden entrar.

El transporte del herbicida continúa en forma ascendente por el xilema hasta que llegan a los sitios activos. El apoplasta está constituido por un sistema de paredes celulares no vivientes, por lo cual la capacidad de transporte no se ve afectada por el aumento de la dosis o toxicidad del herbicida (transporte apoplástico).

### Herbicidas postemergentes:

Una vez que las plantas de maleza han emergido, la forma más fácil de ponerlas en contacto con el herbicida es mediante aplicaciones foliares para partes aéreas o invasión del medio (inmersión) para partes cubiertas por el agua.

Las aplicaciones postemergentes o foliares actúan sobre la maleza emergida y deben ser aplicados en las primeras etapas de desarrollo para lograr mejores resultados. En este tipo de aplicaciones, para que el herbicida alcance su sitio de acción, es necesario que la planta intercepte la aspersion y retenga el herbicida, que el herbicida penetre y sea absorbido por la planta y sea movido o transportado al sitio adecuado para realizar su acción.

### Intercepción y retención del herbicida

La intercepción de la aspersion por la planta está relacionada con el tipo, tamaño, altura, densidad, edad y posición u orientación de la planta. En el caso de herbicidas de contacto se requiere que la aspersion alcance en forma uniforme todas las partes de la planta.

Una vez interceptada la aspersion es necesario que la mezcla no escurra o se evapore y debe ser temporalmente retenida. La retención del herbicida depende de la superficie foliar y su contenido de ceras y capas de material o células muertas. El follaje y contenido de ceras cambia con la edad (las hojas jóvenes tienen menor cerosidad), condiciones climáticas (en climas secos el contenido de ceras de las hojas es mayor) y por supuesto con la especie. Para eliminar este problema, se recomienda el uso de surfactantes (humectantes) para lograr que las gotas disminuyan su ángulo de contacto y que se extiendan sobre la superficie de la hoja formando una película en vez de rodar y escurrir.

### Penetración y absorción del herbicida

Para que el herbicida (sea de contacto o sistémico) llegue a los tejidos vivos de la planta donde actuará debe de atravesar una serie de barreras como son: cutícula cerosa, pared celular y membrana plasmática. Los factores más importantes que afectan la absorción foliar son:

- Baja humedad relativa. Favorece que las capas de cera se compriman entre sí y sean difíciles de penetrar.

- Intensidad luminosa. Puede degradar herbicidas fotosensibles y estimular la penetración y transporte de sustancias asociadas a los procesos fotosintéticos como el diquat.
- Temperatura. Incrementa la evaporación y reduce el tamaño de la gota y promueve la acumulación de cera, sin embargo puede incrementar la absorción y penetración de los herbicidas.
- Lluvia. Lava el herbicida, afectando más a productos polares o hidrofílicos. Si hay amenaza de lluvia agregar surfactantes penetrantes.
- Viento. Aumenta la evaporación y deriva de gotas de la aplicación y la volatilización de las que quedan en las hojas.

Movimiento de los herbicidas dentro de las plantas.

Los herbicidas se mueven dentro de las plantas siguiendo las rutas de transporte de los fotosintatos. Se mueven de célula a célula por los plasmodesmos hasta llegar al floema de las hojas (transporte simplástico). De la hoja salen hacia el tallo y desde ahí pueden moverse hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de los sitios de demanda de azúcares como meristemos apicales, axilares, ápices radiculares y hojas, tallos y órganos en expansión o crecimiento.

Como la transportación se realiza a través de células vivas, es importante que éstas no mueran poco después de la entrada del herbicida, porque bloquearán los conductos y vías de transporte; por ejemplo, altas dosis de productos sistémicos llegan a ser menos eficaces que dosis normales, recomendándose aplicarse mejor en dosis divididas.

Es importante considerar que de acuerdo al movimiento dentro de las plantas, se pueden clasificar los siguientes cuatro grupos de herbicidas:

- a) Productos de escaso o nulo movimiento por floema y xilema, su acción es de contacto, por ejemplo diquat.
- b) Productos de contacto aplicados al follaje y con alto o bajo movimiento por el xilema; como en el caso de los grupos difenil-eter, triazinas, ureas y uracilos, etc.
- c) Herbicidas que presentan sólo movimiento por el floema, aplicados al follaje su acción es sistémica en partes diferentes a la zona tratada; en cambio aplicados al suelo, su actividad puede ser nula; ejemplo: glifosato y el grupo aril fenoxi.
- d) Herbicidas que pueden moverse tanto por el floema como por xilema, no obstante su aplicación se realiza según se tenga mayor acción; por ejemplo grupo fenoxi y sulfonil-ureas.

Herbicidas aplicados a los cuerpos de agua o inmersión:

Como la planta toma los nutrientes del agua y el agua es el sustrato mayor o medio de desarrollo de las plantas acuáticas sumergidas, la única forma de hacer llegar al herbicida a su sitio de acción es mezclando en el agua pequeñas cantidades (partes por millón) del producto. No existen plantas acuáticas sumergidas que sobrevivan con ausencia de luz, por esta razón se considera que la penetración, absorción y el transporte del herbicida dentro de la planta esté fuertemente influenciada por la luz y la temperatura dentro del agua

### 5.10.6 Herbicidas autorizados para el control de la maleza en canales y drenes en México

No todos los herbicidas que ejercen buen control sobre las especies de maleza que infestan canales y drenes cuentan con la autorización para su uso por parte de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), organismo regulador de herbicidas en México, por este motivo es necesario conocer que los productos herbicidas con registro para utilizarse en canales y drenes son: diquat, glifosato y glufosinato de amonio. En E.U.A. se ha utilizado exitosamente bajo estricta vigilancia el 2,4-D,amina para el control del lirio acuático y otro tipo de especies marginales en diferentes cuerpos de agua, además permitir el uso de simazina, dalapon, dichlobenil, dicamba, endothall y fluridone en casos específicos, para mayor detalle ver cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Herbicidas, utilizados para el control de la maleza en canales y drenes que cuentan con registro en México ante la CICOPLAFEST. (Vega, 1994).

HERBICIDA	NOMBRE COMERCIAL (más común en el mercado)		DOSIS/HA (kg de i.a.)	PERSISTENCIA	TOXICIDAD (L.M.P.) ppm		
	NOMBRE COMUN	NOMBRE			PRESENTACION N %(g de ia/L)	DE HASTA	DIAS
compuestos de cobre	(VARIOS)	P.H.92%(500)	0.2-2.0*	10 - 14	1.0	1.0	1.0
2,4-D,dimetilamina	HIERBAMINA	S.A.49%(480)	3.0 - 6.0	35 - 45	0.5	0.1	1.0
diquat	REGLONE	SC.A.31%(200)	1.5-2.5	18 - 21	0.02	.001	2.0
glifosato	FAENA, LIDER	S.A.41%(480)	2.0-5.0	03 - 07	0.2	0.1	20.0

P.H. = Polvo Humectable  
S.A. = Solución Acuosa

SC.A. = Solución Concentrada Acuosa  
\* Concentración del agua a tratar en ppm

### 5.10.7 Susceptibilidad y selección de herbicidas

La selección de los herbicidas está en función de las condiciones del sitio (tipo de infraestructura, dimensiones del cuerpo de agua, uso del agua, etc.), especie (ciclo biológico, fenología, hábitat, hábitos, umbral económico, susceptibilidad, etc.) de maleza a controlar, herbicida (toxicidad, persistencia, modo de acción, pero sobre todo si el herbicida cuenta con autorización para utilizarse para esos fines), equipo de aplicación disponible y si se considera utilizar otros métodos de combate a futuro.

Tal como se menciona al principio de este capítulo, la selección de los herbicidas y su aplicación no se debe realizar como recetas de cocina, pero si es posible hacer una mejor selección, al menos, se toman en cuenta las condiciones siguientes:

Si el agua del canal es utilizada para consumo humano y otros fines domésticos, abrevaderos o piscícolas, no utilizar productos herbicidas. Cuando no se cumpla esta restricción se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

1.- Si el sitio que se desea controlar presenta un complejo de especies perennes y anuales, hoja ancha o angosta (dicotiledóneas o monocotiledóneas) y la consistencia llegue a ser herbácea o leñosa, se recomienda utilizar productos sistémicos no selectivos y sin acción residual. El producto deberá absorberse por el follaje y translocado a toda la planta. Uno de los productos que presenta estas características es el glifosato. El producto matará a la mayoría de las especies vegetales después de 2 a 3 semanas de haber sido aplicado. Este producto no tiene poder residual y es poco tóxico para animales de sangre caliente y peces.

2.- Si la maleza está compuesta de especies anuales tanto gramíneas como dicotiledóneas y de consistencia herbácea, es recomendable usar un producto no selectivo, sin acción residual y de contacto como puede ser el diquat. Este producto desecará sólo la parte del follaje que haya entrado en contacto con el producto

3.- Si se piensa realizar la eliminación sólo de especies de hoja ancha, éstas pueden ser controladas con herbicidas hormonales como el 2,4-D, dicamba o picloram. Si las plantas están en una etapa más avanzada se pueden utilizar estos herbicidas mezclados con glifosato.

4.-En el caso de pretender eliminar sólo gramíneas se puede emplear dalapon o glifosato.

5.- Generalmente después de la eliminación de la maleza de los canales y drenes, hay condiciones favorables para que se presente una nueva reinfestación de especies anuales o perennes, de hoja ancha o angosta, deberá planearse la aplicación dirigida de productos que sean aplicados al suelo con mediana acción residual como simazina y diuron para la parte aérea.

6.- En el caso de que se quiera controlar especies de maleza sumergida y flotante es necesario tomar en cuenta si el agua está estancada o en movimiento. En ambos casos se deberá tener conocimiento de la concentración máxima permitida de los diferentes productos.

Es necesario considerar que se pueden aplicar simultáneamente herbicidas preemergentes como postemergentes, para ahorrarse el costo de una segunda aplicación.

En el Anexo 3 (cuadro 5.2.) se presentan las especies, dosis, efectividad de los herbicidas autorizados en U.S.A. y evaluados para la maleza terrestre que infesta los canales y drenes de los distritos de riego en México.(Vega, 1994).

### 5.10.8 Tecnología y equipo de aplicación

El éxito de una aplicación de herbicidas, no sólo depende de que el producto sea el más adecuado, se requiere también de que sea aplicado en la cantidad (dosis) suficiente, en el momento oportuno y con el equipo apropiado y bien calibrado, además de seleccionar las condiciones ambientales más favorables para su realización. Una mala aplicación puede ocasionar efectos negativos como un control deficiente, gastos innecesarios, contaminación sin provecho, eliminación de especies benéficas, in-



Foto 5.9. Calibración de un aspersor de mochila.

El éxito de una aplicación depende significativamente de la selección, calibración y manejo del equipo de aplicación .

toxicaciones y en general una serie de consecuencias de alto riesgo para la salud humana y ambiental. Por este motivo es necesario en este capítulo responder, técnicamente, a las preguntas ¿cómo, cuándo, con qué y cuánto herbicida aplicar?

### 5.10.9 Tecnología de aplicación de herbicidas

Las técnicas de aplicación de los herbicidas consiste en el conocimiento de los mismos y el manejo de los factores, la forma, instrumental y equipos técnicamente apropiados para lograr el objetivo o éxito de una aplicación. El objetivo de una aplicación es colocar el herbicida sobre la planta en la cantidad suficiente y en el momento adecuado, para que éste, realice su acción biológica. Los factores considerados en una aplicación son de tipo económico, técnico y ambiental.

Los factores económicos consideran los costos de aplicación, costos de productos, eficiencia del personal y equipo de aplicación y un análisis económico general de éste método de control de maleza respecto a otros.

Los factores técnicos son: tamaño de gota, velocidad de caída, cobertura (densidad, uniformidad y gasto) deriva y traslape del producto aplicado. Los factores ambientales son los climáticos, edáficos y acuáticos.



Lámina 5.3 Ejemplo de un producto comercial.

Las formas de aplicación, se refiere al modo, época, método y equipo utilizado para llevar a cabo la aplicación. Las aplicaciones pueden ser foliares o al suelo, preemergentes o post-emergentes, etc., laminares o volumétricas, bandeadas o totales, parcial o indiscriminada, aéreas o terrestres, etc. Las aplicaciones son foliares o al suelo, si el producto es aplicado a las hojas o raíces; o bien pueden ser sistémica o de contacto dependiendo de la acción de herbicida y la porción de la planta tratada; laminar o volumétrica, si el herbicida es dosificado únicamente para la superficie o el volumen del agua tratada; bandeada, raleada o total, parcial o indiscriminada etc. dependiendo del área aplicada y los objetivos de la aplicación; aéreas, terrestres o acuáticas, dependiendo del equipo de aplicación utilizado.

En la mayoría de los casos la aplicación de los herbicidas se realiza en forma de aspersión; es decir utilizando agua como vehículo diluyente y

los herbicidas como productos formulados en diferentes presentaciones, con el objeto de que tengan un mejor efecto y facilite su manejo.

## a) Formulación de herbicidas

Como los herbicidas en su mayoría no pueden aplicarse en la forma que son sintetizados o fabricados, es necesario la formulación de los mismos para llegar a ser manejados como productos comerciales (PC) como se aprecia en la lámina 5.3.

La formulación de los herbicidas es un proceso donde se mezclan diferentes sustancias, las cuales cumplen funciones muy diversas, en las proporciones adecuadas para tener un producto eficaz y de fácil manejo. Una formulación consta generalmente de tres componentes: ingrediente activo (ia), material inerte y coadyuvantes, como se aprecia en la lámina 5.4.

Ingrediente activo(i.a). Es la molécula o parte de la molécula responsable de la acción herbicida. Normalmente la concentración o cantidad del i.a. de un producto, se expresa como mg/l, mg/cm<sup>3</sup>, g/kg, ppm y porcentaje.

Material inerte. Material o sustancia utilizada como vehículo o diluyente que por sí misma no presenta características herbicidas y dependiendo de la afinidad de los productos químicos de la formulación, pueden ser aceites, solventes, agua, materiales sólidos no metálicos (talcos o arcillas) entre otros.

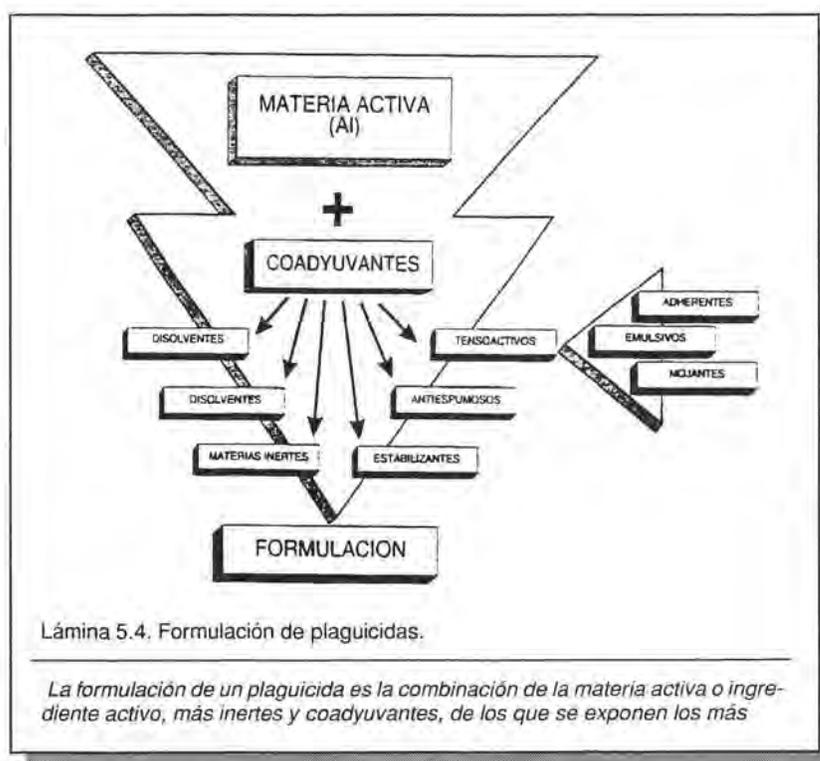
Coadyuvantes. Son por lo general surfactantes o adherentes, pero también pueden ser colorantes, antiespumantes, aromatizantes, estabilizadores o cualquier compuesto aditivo que auxilie en la acción o detección del plaguicida.

Los tipos de formulaciones de herbicidas más comunes en el mercado son las siguientes:

Líquidos solubles (LS). También son llamados líquidos miscibles (LM). Son productos solubles en agua y su mezcla con ésta, dan origen a verdaderas soluciones. Por su naturaleza son formadores de iones y pueden reaccionar con aguas duras (con más de 320 ppm de iones de Ca o Mg). Generalmente viene adicionado un surfactante de tipo humectante adherente o humectante-penetrante.

Concentrados emulsionables (CE). Los ingredientes activos son insolubles en agua pero sí solubles en aceites y otros solventes oleosos. Se les adiciona un agente emulsificante que mezcle el agua con los aceites para que formen una emulsión. Estos productos pueden penetrar más fácilmente en las cutículas cerosas de la planta por su afinidad molecular.

Polvos humectables (PH). Son formulaciones sólidas que al mezclarse con el agua forman suspensiones (las partículas permanecen suspendidas en el agua). Se requiere contar un buen sistema de agitación en los equipos de aplicación para que no se sedimenten y lleguen a dañar las bombas y



obstruir boquillas. Existen en el mercado productos derivados de estas formulaciones que son gránulos dispersables en agua (GDA). La única diferencia con los PH es sólo el tamaño de las partículas.

Líquidos floables (FW). Son sustancias que normalmente se acondicionan como PH, pero para su mejor manejo en el campo se les agrega agua, dispersantes y estabilizantes; de esta forma, su presentación es líquida.

Polvos solubles (PS). Son formulaciones sólidas que al mezclarse con el agua forman soluciones. Las características son similares a los LM.

Polvos para espolvoreo (P). Formulaciones para aplicarse directamente sin previa mezcla. El ingrediente activo viene fijado a una diminuta partícula sólida. Los herbicidas nunca se formulan en esta forma.

Granulados (G). Son formulaciones que se preparan impregnando materiales inertes gruesos y porosos como arcillas, olote de maíz molido, bagazo de caña, etc., generalmente este tipo de gránulos se aplica al suelo o fondo de estanque y cuerpos de agua para el control de maleza acuática sumergida.

#### b) Factores que determinan el éxito de las aplicaciones

Los factores considerados para lograr el éxito de una aplicación son de tipo ambiental, técnico, económico y ecológico; todos estos factores están resumidos en los siguientes puntos:

i. Que el herbicida sea eficaz de controlar el problema, que sea redituable esta operación, que no cause daños al ecosistema y fácil de conseguir.



Foto 5.10. Estación meteorológica.

*Es importante realizar la aplicación cuando las condiciones ambientales sean favorables, debiéndose tomar en cuenta la información meteorológica.*

ii. Que el personal tenga información sobre el producto, siga las recomendaciones y tome las precauciones pertinentes para su seguridad y la de la población.

iii. Realizar la aplicación en la época y momento oportuno, es decir la etapa fenológica más susceptible y cuando las condiciones ambientales lo favorezcan.

iv. Disponer del equipo adecuado, para que deposite el producto en el lugar más propicio, a la dosis y cobertura suficiente para lograr un buen control.

Los puntos i y ii, han quedado plenamente cubiertos en los capítulos anteriores, indicándose que iii y iv, se analizan a continuación.

## Factores ambientales

En gran medida el éxito o fracaso del control químico de la maleza, depende de las condiciones ambientales bajo las que se haya realizado la aplicación del herbicida, por esta razón, es importante conocer cómo pueden afectar esta actividad, cada uno de los factores climáticos, edáficos y acuáticos.

## Factores climáticos

Radiación y elementos relativos (fotoperiodo, evaporación, nubosidad e intensidad luminosa). Muchos de los herbicidas aplicados al follaje se degradan con la presencia de altas intensidades luminosas o bien se puede evaporar un alto porcentaje del mismo con una gran radiación, no obstante la mayoría de las plantas eleva su actividad fotosintética y enzimática, absorbiendo y translocando más rápidamente a los herbicidas, principalmente aquéllos de carácter sistémico, y la presencia de radiación es indispensable para su acción biológica.

Temperatura. Quizá sea el factor determinante, ya que a bajas temperaturas los herbicidas como la acroleína se desactivan o bien a altas temperaturas gran parte de las gotas aplicadas se evaporan o bien se volatilizan debido a la naturaleza física de los productos. Se recomienda aplicar cuando la temperatura sea menor de 30 °C y no mayor de 15 °C. La efectividad de muchos herbicidas depende de las temperaturas que se presenten después de la aplicación, por ejemplo diquat y paraquat aplicados durante las bajas temperaturas de la mañana, ocasionarán severos estragos a las plantas tratadas cuando se registren altas temperaturas ese mismo día durante la tarde. Los herbicidas muy volátiles como el 2,4-D, pueden evaporarse con facilidad y los vapores pueden afectar plantas o cultivos vecinos.

Viento. Promueve la deriva y evaporación del producto, evita la precisión de la aplicación y es el principal causante de intoxicaciones y daños a plantas de los sitios no tratados. No se deberá aplicar si las condiciones son de viento o brisa. La velocidad del viento óptima para aplicar es menor a los 5 km/h.

Lluvia. Las lluvias pueden lavar el herbicida o arrastrarlo en sitios no considerados que pueden ser nocivos. En el caso de herbicidas de contacto pueden anular su acción, los sistémicos pueden ser completamente absorbidos por la planta de 4 a 24 horas y escapan al lavado cuando la lluvia se presenta después del tiempo señalado; por lo tanto es preferible no aplicar si hay amenaza de lluvia.

## Factores Edáficos:

Casi todos los elementos, propiedades y características del suelo afectan la acción de los herbicidas que se apliquen o lleguen a depositarse en el suelo. A continuación se mencionan los más importantes:

- Coloides del suelo. Pueden llegar a desactivar por atracción electrostática y/o afinidad química a las moléculas herbicidas.
- Textura. Muchas arcillas como las montmorilonitas tienen gran capacidad de adsorción.
- Contenido de humedad. El agua compite por los lugares de adsorción con el herbicida, en herbicidas volátiles, las pérdidas por evaporación son mayores en suelos húmedos. La lixiviación del herbicida es común en suelos saturados.

- Contenido de materia orgánica. Es el factor que más afecta la adsorción por el aporte de compuestos generados de la actividad microbiana.
- Temperatura. Al igual que la temperatura del aire, la temperatura del suelo activa o desactiva la absorción, el crecimiento y la actividad microbiológica que afectan al herbicida.
- pH y fertilidad. Aceleran la descomposición química o rompimiento de enlaces y sustitución de elementos mediante oxidación, reducción, hidrólisis etc.

#### **Factores Acuáticos:**

- Temperatura del agua. De igual manera que la temperatura del aire o suelo, activa o desactiva reacciones de tipo físico-químico. La temperatura del agua es importante en cuanto a la toxicidad de peces por parte de los herbicidas que son aplicados o arrastrados por el agua.
- La turbidez y contenido de partículas sólidas en suspensión. Las partículas en suspensión inactivan la mayoría de los herbicidas que son aplicados al agua como al glifosato y al diquat. El diquat se inactiva rápidamente en cuerpos de agua muy turbia y someros y puede no ser removido con facilidad de los sedimentos del mismo.
- pH y cationes. Se encargan de la descomposición química de las moléculas, este fenómeno es benéfico ya que degradan sustancias de diversa naturaleza.
- La velocidad y profundidad del agua. Son factores de mayor consideración ya que se encargan de lavar o diluir la cantidad del producto que se pretende aplicar.

#### **Factores técnicos**

Una aspersión técnicamente bien realizada, es el resultado de un conjunto de actividades bien ejecutadas, basadas en los factores técnicos especificados. Los factores técnicos más importantes a considerar en una aspersión son: cobertura, volumen de aspersión, tamaño de gota, velocidad de caída, deriva y traslape, concentración y dosis del producto aplicado.

**Cobertura.** Es el porcentaje de la superficie cubierta por las gotas asperjadas o bien el número de gotas por centímetro cuadrado que se depositan sobre el objetivo. La cobertura es importante sobre todo en el caso de los herbicidas de contacto, ya que éstos no presentan movilidad dentro de la planta. Una baja cobertura proporciona un control deficiente, aún cuando la dosis sea la recomendada, sobre todo si se recuerda que una gota es una quemadura. En el caso de los sistémicos, no es necesario que la cobertura sea buena, la translocación del producto puede ser adecuada cuando exista unas cuantas gotas pero con la dosis suficiente.

La cobertura se determina colocando tarjetas colectoras de gotas (papel sensibles al agua) sobre los sitios que se quieren asperjar. En el caso de no contar con el tipo de tarjetas especificadas se pueden utilizar colorantes como anilina y cartulinas blancas o papel kromekote. Sobre este material se notarán dónde se depositaron las gotas a manera de huella y luego a simple vista o con el auxilio de una lupa de 15 aumentos o microscopio estereoscópico se realizará el recuento. En forma generalizada para los productos de contacto, se recomienda cobertura mayores a 50 gotas/cm<sup>2</sup>, para los sistémicos pueden ser cercano a 20.

### Volumen de aspersión

La cobertura varía en forma proporcional al volumen del líquido asperjado, pero si se incrementa el volumen de la aspersión, la productividad del equipo de aplicación disminuye casi en la misma proporción. Muchos aplicadores piensan que al aumentar la cantidad del líquido al follaje hasta saturarlo y verlo escurrir es más eficiente, pero no sucede así, porque mucho del producto escurrido cae al suelo desperdiciándose. Si se dobla la cantidad del volumen con que se satura el follaje y si la recomendación se hace con base a l/ha de producto comercial, la cantidad del herbicida retenido será insuficiente para llevar a cabo un control adecuado; en cambio la recomendación a una concentración (ppm, g/l o proporción en %), al presentarse el escurrimiento, el producto tendrá buen efecto pero se desperdiciará producto y aumentará el costo de la aplicación.

Si se desea aumentar la productividad del equipo, el volumen de aplicación se puede reducir al mínimo, pero se corre el riesgo de que los productos de contacto no tengan buen control por falta de cobertura aunque la dosis sea la adecuada.

### Tamaño de gota

El vehículo universal utilizado para diluir los productos químicos y poderlos manejar con mayor seguridad es el agua; para hacerlos llegar a los sitios de interés en cantidades más o menos regulables es necesario saber el tamaño y el número de las gotas aplicadas por unidad de superficie. Generalmente las unidades utilizadas para medir el tamaño de la gota son las micras ( $\mu$ ) o micrones ( $1 \mu = 0.001 \text{ mm}$ ) y su volumen en micras cúbicas (considerando que la gota es una esfera  $\text{Vol.} = 4/3\pi r^3$  ó  $\pi/6xd^3$ ). La cobertura, el volumen de aspersión, deriva y acarreo, velocidad de caída, volatilización y otros parámetros involucrados con las aplicaciones de herbicidas están relacionados con el tamaño de la gota.

Cuadro 5.2 Cobertura (no. de gotas/cm<sup>2</sup>) y volumen de aplicación (l/ha) con base a tamaño de gota constante (400, 200 y 100  $\mu$ ).

VOLUMEN (lt/ha)	Número de gotas por centímetro cuadrado		
	400 $\mu$	200 $\mu$	100 $\mu$
1,000	300	2,400	19,200
500	150	1,200	9,600
100	30	240	1,920
50	15	120	960
25	8	60	480

$\mu = \text{micras}$

Por ejemplo si se desea fraccionar una gota a la mitad o a una tercera parte de su diámetro se producen 8 ( $2^3 = 2 \times 2 \times 2$ ) y 27 ( $3^3 = 3 \times 3 \times 3$ ) gotas respectivamente. Entre más gotas se produzcan, se tendrá más probabilidad de cubrir el objetivo, pues cada gota viene a ser como un proyectil más, pero se pueden presentar diferentes tipos de problemas cuando las gotas llegan a ser tan pequeñas que permanezcan flotando en el aire a manera de aerosol y nunca se depositen sobre el objetivo (follaje, suelo, etc.). Los tamaños de gota por arriba de 70 micras logran depositarse sobre los objetivos bajo condiciones óptimas de aplicación (viento menor a 5 Km/h, temperaturas de 20 a 30°C y a una humedad relativa de 70 a 80%); sin embargo, bajo condiciones desfavorables, las gotas pequeñas se evaporan rápidamente (pierden tamaño y peso) y no logran depositarse al ser arrastradas por el viento fuera del área de aplicación. En forma genérica se ha determinado que gotas de 250 micras es buen tamaño para aplicar cualquier tipo de herbicidas. Ver cuadro 5.2.

Las formas de reducir el tamaño de gota en una aspersión realizada con boquillas hidráulicas son las siguientes: a) incrementando la presión (en el caso de boquillas de abanico, como están diseñadas para aplicar herbicidas, su rango de operación con equipo terrestre para éstos varía de 20 a 50 libras por pulgada cuadrada (PSI), pero se desea aplicar insecticidas o fungicidas con estas mismas boquillas es necesario operarlas de 60 a 80 PSI, para un mejor cubrimiento); b) asperjando con boquillas de menor gasto y/o ángulos grandes, los cuales al presentar orificios pequeños fraccionan más las gotas; c) empleando boquillas de cono hueco y d) reduciendo la tensión superficial con surfactantes.

Cuando se emplean boquillas o discos rotativos, la disminución del tamaño de la gota se logra aumentando la velocidad de giro de éstas o las rpm del rotor. En el caso de los atomizadores el tamaño disminuye al aumentar la presión del aire que choca con el líquido de la aspersión. A continuación (cuadro 5.3) se muestra el efecto del ángulo de aspersión de las boquillas de abanico y la presión de trabajo sobre las gotas.

Cuadro 5.3. Tamaño de gota (diámetro medio en micras) de aspersiones con boquillas hidráulicas de abanico con diferente ángulo y presión.

Angulo de aspersión	Tipo de boquilla	Presión de la boquilla		
		1 bar	2 bar	3 bar
40E	4005	900	810	780
65E	6505	600	550	530
80E	8005	540	470	450
110E	11005	410	380	360

### *Velocidad de caída, deriva y traslape de las gotas que forman parte de una aspersión*

La velocidad de caída vertical o velocidad terminal de las gotas está definida por el tamaño y peso específico de las mismas. La fuerza de gravedad actúa sobre la masa de las gotas y dependiendo de la altura de emisión (distancia que existe verticalmente desde la salida de la gota por aplicador hasta el objetivo) y la masa, será el tiempo que tarde en llegar la gota a su objetivo considerando la caída libre.

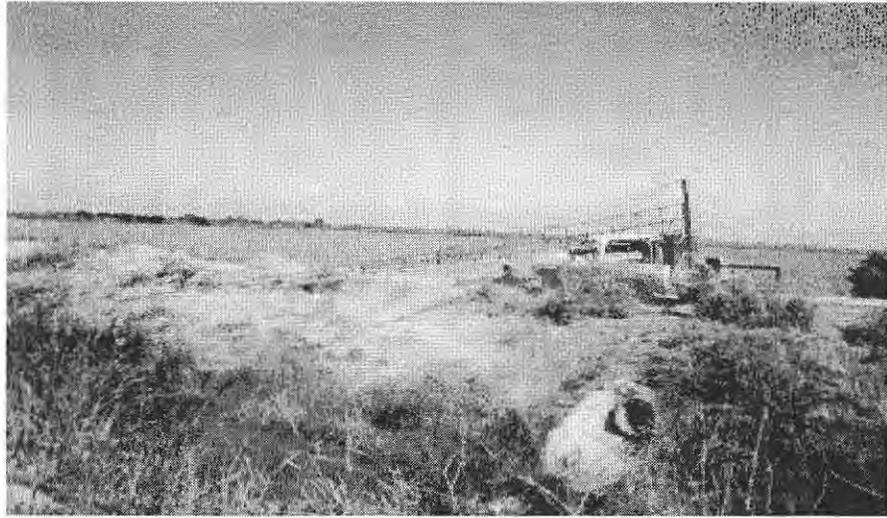


Foto 5.11. Aplicación y condiciones ambientales.

*El tamaño de gota y la velocidad del viento condicionan la deriva y con ello la pérdida del producto.*

La velocidad horizontal del viento produce la deriva o arrastre de las gotas. La deriva considera el desfazamiento angular y distancia derivada, formados entre la vertical del emisor y el objetivo y la distancia real donde la gota es depositada, respectivamente. La distancia derivada de las gotas, guarda estrecha relación con el tamaño de las gotas y la altura de emisión y la velocidad del viento, tal como se muestra con los ejemplos y condiciones de los cuadros 5.4 y 5.5:

La deriva considera el desfazamiento angular y distancia derivada, formados entre la vertical del emisor y el objetivo y la distancia real donde la gota es depositada, respectivamente. La distancia derivada de las gotas, guarda estrecha relación con el tamaño de las gotas y la altura de emisión y la velocidad del viento, tal como se muestra con los ejemplos y condiciones de los cuadros 5.4 y 5.5:

Nótese que al aumentar la altura de la emisión aún cuando la velocidad del viento permanece constante, aumenta significativamente la distancia derivada y viceversa, aunque se conserve el ángulo de deriva. Con el incremento del tamaño de gota se incrementa la velocidad de caída, disminuye la deriva y reduce significativamente la evaporación.

La realización de una buena aspersión además de considerar todos los factores anteriormente expuestos, en la práctica incluye los efectos derivados del traslape.

Traslape. Cuando se realiza una aplicación total de una superficie, existen pequeñas áreas tratadas en forma superpuesta o traslapada por dos o más aplicaciones y también áreas donde se omitió la aplicación del producto. Para evitar este problema operativo se debe considerar en la calibración el traslape o la franja exterior donde el equipo "de ida" se aplique un 50% del producto y "de venida" el 50% restante, para dar uniformidad a la aplicación. El traslape se obtiene midiendo la banda total aplicada menos la distancia existente entre los aplicadores o boquillas extremas. También se puede estimar el traslape de una manera mas objetiva; restando a lo ancho de banda total, la banda de aplicación neta o uniforme.

Cuadro 5.4. Ejemplo 1. Velocidad de caída y distancia derivada considerando una velocidad del viento de 3.6 km/h (1 m/seg) y una altura de emisión de 1 m.

TAMAÑO DE GOTAS (m)	VELOCIDAD DE CAIDA (m/seg)	DISTANCIA DERIVADA (m).
1,000	4.00	0.25
500	2.20	0.48
200	0.72	1.40
100	0.26	3.80
50	0.07	14.30

Cuadro 5.5. Ejemplo 2. Velocidad de caída y distancia derivada considerando una velocidad del viento de 3.6 km/h (1 m/seg) y una altura de emisión de 3 m.

TAMAÑO DE GOTAS (m)	VELOCIDAD DE CAIDA (m/seg)	DISTANCIA DERIVADA (m).
1,000	4.00	0.8
500	2.20	1.4
200	0.72	4.2
100	0.26	12.0
50	0.07	43.0

*Concentración y dosis.*

Para realizar una aplicación de herbicidas se deben de tomar en cuenta las siguientes premisas:

- a) Únicamente el producto herbicida tiene tal acción.
- b) El agua empleada en la aspersión sólo sirve como vehículo.
- c) Lo más importante es colocar la cantidad óptima del herbicida sobre cada objetivo.

Con base a lo expuesto, cabe preguntarse lo siguiente antes de cada aplicación: ¿Las recomendaciones de los herbicidas deben de hacerse en litros de herbicida por superficie a tratar (l/ha)? o ¿manejar una determinada concentración del herbicida por litro de agua (ml/l, g/l, ppm, etc.)?. Ambas recomendaciones pueden tener validez, pero ambas pueden ser erróneas, tal como se verá en lo siguiente.

Cuando se hacen aplicaciones al follaje, las dosis (l/ha) deben determinarse precisamente por la cantidad de follaje de la planta que se quiera eliminar. Sin embargo, es difícil en la práctica determinar "poco, medio o mucho" follaje. Por esta razón, en las aplicaciones al follaje se dan dos tipos de indicaciones: la primera es cuando se desconoce la cantidad de follaje, se recomienda una concentración (ml de producto por litro de agua), empleando un volumen que sature el objetivo; el problema surge cuando se utilizan equipos que no cubren satisfactoriamente el follaje, acarreado consigo un control deficiente por la subdosificación. Por otra parte, si el equipo asperja más volumen del requerido se desperdiciará el producto y se incrementarán los riesgos de contaminación. La segunda indicación es cuando se conoce o se estima el tamaño de la maleza y la recomendación se da en litros de producto por hectárea. Esto es válido aunque frecuentemente en estos casos se recomienda algún rango de volumen de aspersion dependiendo del tipo de producto (sistémico o de contacto).

Para hacer compatibles los dos tipos de indicaciones puede hacerse lo siguiente: utilizando un equipo de aplicación que sature el follaje (100% de cobertura), deberá calcularse el volumen de aplicación por hectárea de éste, luego multiplicarlo por la concentración recomendada del herbicida y de esta forma obtener la dosis en l/ha de producto comercial. Por ejemplo, si para un determinado tamaño de maleza se recomienda una concentración efectiva de 2 ml de herbicida por litro de agua con una aspersion a punto de saturación y, conociendo que para lograrlo con el equipo utilizado se gastan 400 l/ha de volumen de aspersion (alto volumen); al usar otro equipo que no sature y sólo gaste 100 l/ha (bajo volumen), se deberá poner una concentración un número de veces mayor al volumen de aspersion utilizado, en este caso 4 veces (8 ml/l de agua) más con el segundo equipo, para que la cantidad del herbicida sobre el objetivo sea igual en ambos casos, es decir 0.8 l/ha de producto comercial.

## **Aplicaciones de herbicidas**

### **Aplicación de herbicidas**

Las aplicaciones pueden ser aéreas, terrestres o acuáticas, dependiendo del equipo de aplicación utilizado; foliares o al suelo, si es aplicada a las hojas o raíces; sistémica o de contacto dependiendo de la acción de herbicida; laminar o volumétrica, si se aplica y es el herbicida dosificado únicamente para la superficie o el volumen del agua tratada; bandeada, raleada o total, parcial o indiscriminada etc. dependiendo del área aplicada y los objetivos de la aplicación.

Una aplicación puede ser realizada mediante la inmersión, aspersion, fumigación, herbicación o aplicación de granulados.

A pesar de que existan las diferentes formas de aplicación de los herbicidas, la aspersion es la forma más común como se aplican en México, no obstante la herbicación y la aplicación de granulados pueden ser algunas otras de las alternativas para la aplicación de herbicidas en canales y drenes.

### a) Herbigación

La herbigación es muy utilizada en pequeños canales y drenes e inclusive en parcelas para la limpia de maleza. El método consiste en aplicar sobre el agua de riego una cantidad (dosis) controlada del producto, utilizando un aplicador regulable de gasto constante, colocado en alguna estructura o las tomas granja. Los datos requeridos para poder realizar la aplicación son: gasto del canal, dren o melga a aplicar, dosis recomendada para ajustar el gasto del aplicador. La desventaja de poderlo hacer a gran escala es que requiere de un tiempo y distancia para que la mezcla del producto con el agua sea uniforme, este factor en canales de gastos mayores a  $2 \text{ m}^3$  casi no se logra. Una forma común de herbigación que se practica en diferentes distritos de riego es la aplicación de amoníaco líquido con la finalidad fertilizar los cultivos y que de igual manera se elimina la maleza en donde el fertilizante fue aplicado.

### b) Aplicación de granulados

La aplicación de plaguicidas en general en forma de granulados, ha venido cobrando importancia en los últimos años. Esta tendencia obedece a lo siguiente: i) Son fáciles de aplicar y no requieren equipo especializado (la aplicación puede hacerse incluso manualmente); ii) Su aplicación puede hacerse al momento de realizar alguna labor o cuando la infraestructura esté operando, de esta

manera se reducen los costos de aplicación; iii) Las condiciones meteorológicas como humedad atmosférica, temperatura del suelo y aire, no presentan problemas para su aplicación; y iv) Normalmente se logra con ellos mayor selectividad física. A pesar de las ventajas presentadas los herbicidas granulados que se encuentran en el mercado en México, son muy escasos.



Foto 5.12. Equipo de fertigración que puede funcionar como herbicador.

La aplicación de granulados puede ser total o bandas, en manchones o localizada dependiendo de la planta sitio o espacio que se desea proteger. Una desventaja que se puede presentar en las aplicaciones de granulados en banda

es que muchas veces no se logra la suficiente uniformidad en la franja tratada y ello puede ocasionar fallas en el control.

Los herbicidas más comunes que se formulan como granulados son los que aplican al suelo en bordos y taludes de los canales, drenes y contra especies de maleza sumergida; entre ellos están: endothall, dichlobenil, fluridone, 2,4-D, etc.

### c) Aspersiones

#### Aplicaciones volumétricas

Las aplicaciones volumétricas consideran la aplicación de un herbicida a cuerpos de agua cuya dosificación se realiza mediante la proporción del herbicida por litro de agua o metro cúbico ( $1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3$  del volumen del cuerpo), por ello es necesario saber que volumen o cantidad de agua se requiere tratar.



Foto 5.13 Aspersor de mochila aplicando dicamba sobre lirio chino.

Esta proporción volumétrica deberá mantenerse cuando se dosifique un cuerpo de agua en movimiento mediante la medición de su gasto y el gasto del producto necesario para mantener dicha proporción. Por esta razón es importante realizar los cálculos tanto para aguas en movimiento como para las que permanecen estáticas.

Los herbicidas más comunes que se aplican bajo éstas condiciones son los que generalmente controlan maleza sumergida, algas y espe-

cies de plantas pequeñas que puedan flotar. Los más importantes son: acroleína, diquat, simazina, 2,4-D, complejos de cobre y endothall.

#### Cálculos de agua en movimiento

Gasto  $m^3/seg =$  Ancho medio de la plantilla (m) x tirante medio del agua (m) x velocidad media (m/seg) x coeficiente (0.9).

Ejemplo:

Gasto  $m^3/seg = 3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 0.3 \text{ m/seg} \times 0.9 = 1.62 \text{ m}^3/seg$

despejando:

Volumen ( $m^3$ ) = Gasto  $m^3/seg$  x Tiempo (seg)

Dosificación:

$$ppm_v = \frac{\text{kg de herbicida} \times (100)}{\text{minutos de aplicación} \times \text{gasto} \times 6}$$

Para dosificar a 1 ppm, durante 20 min y despejando de la ecuación anterior los kg de herbicida necesarios para lograr dicha concentración se tiene lo siguiente:

$$\text{Kg de herbicida} = \frac{1 \text{ ppm} \times 20 \text{ min} \times 1.62 \text{ m}^3/seg \times 6}{100} = 1.944 \text{ kg}$$

### Comprobación

Con un gasto (Q) de 1.62 m<sup>3</sup>/seg en 20 min (t = 20 x 60 seg = 1200 seg), se tienen un volumen (V) de 1944 m<sup>3</sup>; para determinar los kg de herbicida se requiere lo siguiente:

$$V = Q \times t = 1.62 \text{ m}^3/\text{seg} \times 1200 \text{ seg} = 1944 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ kg de herbicida} = 1,000,000 \text{ ppm/l} = 1,000 \text{ ppm/m}^3$$

Por lo tanto:

$$\frac{1000 \text{ ppm}}{1944 \text{ m}^3} = 0.5144 \text{ ppm/m}^3$$

Para lograr una concentración de 1 ppm se requiere:

$$\begin{array}{l} 1.0 \text{ l} \quad \text{-----} \quad 0.5144 \\ y \quad \quad \quad \text{-----} \quad 1.0 \text{ ppm} \end{array} \quad y = 1.944 \text{ kg de herbicida}$$

Como en la práctica frecuentemente no se trabaja con herbicidas que se encuentren formulados al 100% de i.a.; sino con productos formulados a menor concentración, se deberán realizar los ajustes respectivos. Por ejemplo, si en el caso anterior se quisiera aplicar Gesatop polvo humectable al 80%, debería de utilizarse la siguiente cantidad:

$$\begin{array}{l} 1.0 \text{ kg de Gesatop} \quad \text{-----} \quad 0.800 \text{ kg de simazina} \\ y \quad \quad \quad \text{-----} \quad 1.944 \text{ kg de simazina} \end{array}$$

$y = 2.43 \text{ kg de simazina.}$

### Cálculos de agua en reposo

El volumen se determina conociendo las siguientes dimensiones medias del cuerpo de agua: longitud (m), Ancho (m) y la profundidad (m). La forma más común de realizar la dosificación es alcanzar cierta concentración en el cuerpo de agua.

Por ejemplo en un cuerpo de agua que se requiere lograr una concentración de 1 ppm de diquat y las dimensiones promedio de éste son: largo 250 m, ancho 20 m y 1 m de profundidad. El volumen a tratar (V) se calcula de la siguiente manera:

$$V(\text{m}^3) = \text{largo (m)} \times \text{ancho (m)} \times \text{profundidad (m)}$$

$$V(\text{m}^3) = 250 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 5000 \text{ m}^3$$

Planteamiento:

$$\begin{array}{l} 1.0 \text{ kg de herbicida} \quad \text{-----} \quad 1000 \text{ ppm/m}^3 \\ 1.0 \text{ kg de herbicida} \quad \text{-----} \quad 1 \text{ ppm/1000 m}^3 \end{array}$$

Por lo tanto para tratar 5000 m<sup>3</sup> se requieren 5.0 kg de herbicida (considerando que su concentración está al 100%).

Si el producto comercial Reglone viene formulado a 31% de diquat, entonces se requiere realizar una regla de tres:

$$\begin{array}{l} 1.0 \text{ l de Reglone} \text{ ----- } 0.31 \text{ l de i.a. (diquat)} \\ X \text{ l de Reglone} \text{ ----- } 5.0 \text{ l de i.a. (diquat)} \end{array}$$

$$X = 5.0 \text{ l} \times 1.0 \text{ l} / 0.31 \text{ l} = 16.13 \text{ l de Reglone}$$

### Equipos de aplicación de herbicidas

Los equipos de aplicación, son los equipos, maquinaria e instrumental con el cual se realiza la aplicación de un producto o mezcla de productos. Los equipos pueden ser terrestres, aéreos y acuáticos, dependiendo del medio de desplazamiento de éste y el lugar de la toma del impulso; aspersores, espolvoreadores, nebulizadores, etc. de acuerdo al tipo de producto que se va a aplicar.

Dependiendo del tipo de producto y estructura del equipo de aplicación, los aplicadores pueden ser clasificados como herbicidas o fumigadores, nebulizadores, aspersores y aplicadores de gránulos.

De acuerdo a las características del producto a aplicar, estructura, material de construcción y capacidad, los componentes de los equipos de aplicación también varían en forma, tamaño y diseño, pero no así en su función. Los equipos de aplicación de herbicidas en canales y drenes más comunes son aspersores y sus componentes esenciales de los aspersores son los siguientes:

a) Componentes de un equipo de aspersión:

- Tanque o depósito de la mezcla.
- Bomba o sistema de presión.
- Sistema de ductos, extensiones y conexiones.
- Medidor de la presión (manómetro).
- Regulador de la presión.
- Retorno o retroalimentador.



Foto 5.14. Equipo terrestre de aplicación de herbicidas.

- Agitador.
- Sistema de filtrado (filtros y coladeras).
- Aplicadores (aguilones o extensiones, atomizadores y boquillas hidráulicas).

Los equipos terrestres más utilizados para la aplicación de herbicidas en pequeños canales y drenes son: Manuales (mochilas de palanca o motor), de toma de fuerza (para tractor agrícola), aplicadores de fabricación específica y autopropulsión, automotores (camiones

y camionetas con adaptaciones especiales) y otro tipo de aplicadores de Bajo Volumen, equipo para herbicación, nodrizas y tanques de presión etc.

Los equipos aéreos más utilizados para el control de la maleza acuática son: avionetas o aviones y helicópteros. Los equipos acuáticos son los más utilizado en grandes embalses o cuerpos de agua de profundidad mayor a 1 m, a este grupo de equipos pertenecen las lanchas, pangas o balsas y los aerobotes.

Cada uno de estos equipos tienen sus especificaciones en cuanto a la velocidad y altura de operación, equipo aspersor y capacidad, aspectos que pueden modificar las características de la aplicación. Los factores modificados son: tamaño de la gota, volatilidad, cobertura, gasto, deriva, traslape, ángulo de aplicación, tiempo de aplicación entre otros que afectan la eficiencia de la aplicación.

Dependiendo del tipo de producto y estructura del equipo de aplicación, los aplicadores pueden ser clasificados como: herbicadores o fumigadores, nebulizadores, aspersores, o aplicadores de gránulos.

### Calibración de equipos para la aplicación de herbicidas

La calibración de un equipo se refiere a la verificación, ajuste y acondicionamiento de cada una de las operaciones y funciones del mismo, con la finalidad de poder controlar los factores técnicos y eficiencia de la aplicación bajo las condiciones reales o físicas donde operará el equipo. Este ajuste tiene como objetivo colocar el producto en la dosis y en el lugar adecuado, para que lleve acabo su acción biológica. A continuación se sugieren algunos pasos para la calibración de equipos de aplicación en general y en particular para una aspersora montada en un tractor.

*Funcionamiento del sistema.* Se enciende o se opera el equipo y se verifica su funcionamiento mecánico y se revisa suministro suficiente presión y gasto. Esta prueba se realiza donde se tiene estacionado o almacenado, con la finalidad de observar los desperfectos y realizar más fácilmente el arreglo y las composturas cerca de un taller.



Foto 5.15. Calibración de equipo

*La calibración del equipo comienza por la prueba de funcionamiento mecánico e hidráulico; utilizando sólo agua y cerca de un taller o bodega.*

*Prueba de funcionamiento y avance en condiciones reales de operación.* Posteriormente se traslada el equipo al sitio de trabajo y se enciende el sistema y se verifica nuevamente lo siguiente: fugas de líquidos o de presión, interrupción del flujo (ductos y mangueras dobladas), corrosión y otros desperfectos, niveles de combustibles y lubricantes, acumulación de basura o sedimentos. Posteriormente se confirma la disposición de agua y la regulación del sistema de presión; con el tanque lleno de agua se realiza la prueba de avance o velocidad de trabajo bajo condiciones normales.

*Prueba de colocación del herbicida y control de los factores técnicos de la aspersión.* Para lograr que el producto sea colocado en el sitio que se desea y con una buena cobertura, las boquillas deben ser las adecuadas según sea el caso y estar bien colocadas sobre el aguilón (se debe verificar el gasto por boquilla, ángulo de aspersión, ángulo respecto al aguilón, distancia entre boquillas, altura del aguilón, etc.) Este ajuste del equipo implica prueba y cambio de accesorios de aplicación, variación de las velocidades de avance y presiones de operación, supervisión y ajustes de coberturas, homogeneidad, dimensiones de la banda de aplicación; hasta que se esté satisfecho de cómo va a quedar la aspersión definitiva o hasta que se logran los parámetros técnicos requeridos.

*Uniformidad de la aplicación.* Es necesario verificar a simple vista que la salida del agua por la o las boquillas del aguilón tengan el mismo tamaño, que estén destapadas y tengan fugas y con flujo constante, alineadas y distribuidas en forma equidistante. En caso de no ser así, procederá a corrección. Posteriormente se medirá el volumen captado en una probeta en un mismo período de tiempo, de cada una de las boquillas y se comparará la uniformidad del gasto por boquilla. Otra forma de obtener gasto uniforme por boquilla es uniformizar la presión, pero si se logra mismo gasto reemplazando boquillas es mejor.

a) Gasto por hectárea

Existen varias formas de calcular el gasto por hectárea de cualquier equipo de aplicación, una de ellas, consiste en medir el gasto que se tiene al asperjar sobre una pequeña superficie y luego extrapolarlo a lo que se refiere a una hectárea, su desventaja estriba en que es difícil efectuar los ajustes del equipo para que asperje otra cantidad sin recurrir al método de ensayo y error. Los pasos a seguir con este método pueden ser los siguientes:

1. Llenar el tanque con agua.
2. Ajustar la presión del equipo de aspersión dentro del rango recomendado, según el tipo de boquillas empleadas.
3. Seleccionar una velocidad de marcha para que pueda ser mantenida fácilmente de acuerdo a las condiciones del terreno.
4. Asperjar sobre una superficie conocida.
5. Determinar el volumen de agua utilizado.
6. Conversión o extrapolación de los resultados por hectárea (l/ha).

Otra forma consiste en cuantificar correctamente las variables que determinan el gasto por ha (gasto por boquilla, velocidad y ancho de franja tratada) y calcular matemáticamente los ajustes que tengan que ser efectuados si se desea tener otro volumen de aplicación, sin recurrir al método de ensayo y error. Con las ecuaciones siguientes se puede determinar el gasto por hectárea:



Foto 5.16. Calibración de equipo en campo.

Para el gasto por hectárea es necesario conocer el volumen de agua utilizado en condiciones reales de la aplicación.

$$L \text{ o Kg/ha} = \frac{\text{GASTO/MINUTO (l ó kg/min)} \times 600}{\text{VELOCIDAD (Km/h)} \times \text{ANCHO DE BANDA (m)}}$$

o bien:

$$L \text{ o Kg/ha} = \frac{\text{GASTO/MINUTO (l ó kg/min)} \times 10,000}{\text{VELOCIDAD (m/min)} \times \text{ANCHO DE BANDA}}$$

Para medir el gasto por minuto de una boquilla o de todo el aguilón, es necesario que en una probeta graduada se recoja el gasto que se tiene en 15, 30 y 60 segundos. Si se carece de una probeta graduada, se mide el tiempo que tarda en llenar la boquilla un recipiente de capacidad conocida, luego se determina el gasto por minuto. Si alguna boquilla del aguilón presenta un gasto mayor o menor a un 10% de la media, deberá ser revisada, ya que puede estar deteriorada o tapada; en el primer caso tendrá que cambiarse y en el segundo, se destapará y corregirá la causa de la obstrucción. Otra manera de determinar el gasto por minuto de todo el equipo, es colocando una cantidad conocida del líquido en el depósito, medir el tiempo que tarda en asperjarlo y hacer los cálculos respectivos.

Para determinar la velocidad de la marcha del equipo de aspersión, simplemente sobre el terreno a la velocidad normal de trabajo, mida el tiempo que tarda en recorrer una distancia conocida (50, 100 o 200 m). No se debe confiar en lo que marca el tacómetro del avance del tractor o vehículo, utilice cinta y cronómetro. Se deberá de verificar con frecuencia la velocidad ya que normalmente esta variable es la que ocasiona más problemas, varía por cambios en la caja de velocidades, aceleración, condiciones del terreno, tipo de llantas, etc. Un ejemplo para determinar la velocidad es el siguiente: si le toma 50 segundos recorrer 50 m; su velocidad será:

$$50 \text{ m}/50 \text{ seg} = 1 \text{ m/seg}; 1 \text{ m/seg} = 60 \text{ m/min}; 1 \text{ m/seg} = 3.6 \text{ km/hora}$$

A continuación se describe un ejemplo de cálculo de un gasto/hectárea de una aspersora montada al tractor con las siguientes características:

15 boquillas Teejet 8004, distanciadas una de otra de 50 cm; asperjando a una presión de 40 libras/pulgada cuadrada (PSI), por lo que su gasto es de 0.4 gal/min = 1.514 l/min; y una velocidad de marcha de 8.0 km/h. Al sustituir la ecuación dada anteriormente y realizar los cálculos respectivos obtenemos lo siguiente:

$$L/\text{ha} = (1.514 \text{ l/min}) / (8.0 \text{ km/h} \times 0.5 \text{ m}) = 227 \text{ L/ha}$$

Si el gasto se quisiera reducir a 200 L, se podrán hacer los siguientes ajustes:

1) Incrementar la velocidad. Para el incremento de la velocidad se requiere plantear una regla de tres inversa (dado que a mayor velocidad el gasto/ha será menor) o sustituyendo en la ecuación. Ejemplo:

Regla de tres inversa:

$$\begin{array}{l} 8 \text{ km/h} \text{-----} 200 \text{ l/ha} \\ y \quad \text{-----} 227 \text{ l/ha;} \end{array} \quad y = 9.08 \text{ km/hr}$$

$$\text{Sustituyendo en la ecuación: } 200 \text{ l/ha} = \frac{1.514 \text{ l/min} \times 600}{\text{Velocidad km/hr} \times 0.5 \text{ m}}$$

$$\text{Velocidad km/h} = 1.514 \text{ l/min} \times 600 / (200 \text{ l/ha} \times 0.5 \text{ m}) = 9.08$$

2) Reducir la presión. Si se desea reducir la presión de 40 PSI a "x" presión, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto final} = \text{Gasto inicial} \times \sqrt{\frac{\text{Presión final}}{\text{Presión inicial}}}$$

Sustituyendo en la ecuación

$$200 \text{ l/ha} = 227 \text{ l/ha} \times \sqrt{\frac{40 \text{ psi}}{\text{"X" psi}}}$$

Despejando:

$$\text{Presión final ("x" psi)} = \text{Gasto final} \times (\text{Presión inicial} / \text{Gasto inicial});$$

$$\text{Presión final ("x" psi)} = 200 \text{ l/ha} \times (40 \text{ PSI} / 227 \text{ l/ha}) = 31 \text{ PSI}$$

#### b) Ajustes del equipo

Tal como se indicó, los ajustes que se pueden efectuar a los equipos de aplicación son: a) variar el gasto por minuto de las boquillas, la cual se logra modificando la presión del trabajo o cambiando las boquillas, b) modificar la velocidad de avance (la máxima permisible que depende de la habilidad del operador y la mínima de la productividad se esté dispuesto a sacrificar); y c) cambiar el ancho de franja de la aplicación, usando boquillas de mayor o menor ángulo de trabajo o aplicando a diferente altura.



Foto 5.17. Diferentes condiciones de calibración.

*Para realizar los ajustes del equipo se puede modificar: tipo de boquillas, presión, velocidad y altura de las boquillas.*

Si el manómetro del equipo funciona adecuadamente, el primer ajuste del equipo debe ser la presión (dentro de lo permisible). Cuando se trabaja al máximo gasto que puede proporcionar el equipo, los ajustes sólo serán de velocidad de avance.

Siempre que se hagan ajustes al equipo, se deberá vigilar que la cobertura sea la adecuada y realizar de nuevo el cálculo de la concentración que se tiene que aplicar.

c) Dosificación

El siguiente paso consiste en determinar la cantidad de producto herbicida y agua que se debe colocar en el depósito del aspersor, dado la cantidad de hectáreas que con él se pueden tratar.

La manera más fácil de determinarlo es dividir la capacidad del depósito entre el gasto por hectárea del equipo, el resultado será la superficie que por cada carga se pueda tratar. Posteriormente se multiplicará por la superficie que se puede tratar con cada carga por la dosis de producto comercial recomendada (kg o l/ha), dando por resultado, la cantidad de producto comercial que se debe colocar en cada carga.



Foto 5.18. Aplicación de un detergente para lavar la cubierta cerosa del lirio chino.

*La dosificación es importante, además de conocer la cantidad de coadyuvantes que se requerirán.*

#### 5.10.10 Uso y manejo seguro de herbicidas e impacto ambiental

##### Material y equipo de seguridad

Todos los plaguicidas deben ser considerados como sustancias de alto riesgo, para su manejo se recomienda utilizar el equipo de protección y/o seguridad para el personal más adecuado, así como el equipo y material necesario para la prevención de accidentes.

El equipo de seguridad personal consta de los piezas siguientes:

- Casco de protección con suspensión de neumática o de cuerda.
- Lentes de protección.
- Mascarilla de inhalación con filtro de carbón activado.
- Overol blanco de gabardina o tela repelente de una sola pieza.
- Guantes blancos de vinil de alta resistencia.
- Botas de vinil de color blanco.

El personal vestirá prendas interiores de color blanco preferentemente de algodón. Será responsable de ubicar en el área de trabajo lo siguiente:

- Sistema de ventilación.
- Extintores de incendios.

- Botiquín de primeros auxilios.
- Interruptores de las instalaciones eléctricas.
- Directorio de teléfonos de emergencia
- Vehículo o transporte de emergencia.

### **Manejo seguro de herbicidas**

El uso y manejo seguro de los herbicidas está en función de un amplio conocimiento por parte del personal que los maneje, transporte, recomiende o aplique, de las bondades y riesgos de los productos químicos, considerando el riesgo, como la posibilidad de causar algún tipo de daño por el uso de éstos. Los daños directos e indirectos que se pueden ocasionar por el uso y manejo inadecuado de los herbicidas son: intoxicación, contaminación al ambiente, incendios, corrosiones y otros problemas a la salud humana.

La intoxicación puede ser producida por inhalación de vapores o polvos, absorción a través de la piel o por ingestión accidental del producto o alimento tratado con producto. La contaminación al ambiente puede ser ocasionada por el derrame accidental, escape de vapores o humos, cuando los productos son almacenados, transportados o manipulados, pero la principal forma de contaminación es cuando se realiza una errónea selección de la formulación, método y equipo de aplicación; sobre todo cuando se generaliza a grandes extensiones. Los incendios y corrosiones se pueden producir fácilmente porque muchos herbicidas contienen solventes a base de hidrocarburos y otras sustancias altamente inflamables o corrosivas como ácidos u oxidantes. Los daños indirectos sobre la salud humana es que algunas sustancias puedan ser cancerígenas o mutagénicas y los efectos se pueden presentar en esa generación o a su descendencia. Por tal motivo se sugiere que al manejar, almacenar y transportar los herbicidas se tomen en cuenta todas las precauciones y recomendaciones siguientes.

#### **a) Almacenamiento**

- El almacén deberá estar bien ubicado (fuera de los centros de población) y seguro (amplio, fresco, seco y bien ventilado).
- El almacén deberá contar con equipo de seguridad como extinguidores, extractores de aire, área de lavado, ropa y equipo de protección, arena y aserrín como absorbentes, botiquín de primeros auxilios y oxígeno de emergencia.
- Los envases deberán ser apropiados de acuerdo al tipo de producto y deberán conservar las etiquetas originales y legibles.
- Destinar espacios especiales para cada tipo o grupo de plaguicida.
- Almacenarse fuera del alcance de niños, animales domésticos y lejos de otros tipos de plaguicidas y alimentos.
- No almacenar envases vacíos o rotos cerca de alimentos, bebidas o tomas de agua.
- Los herbicidas más peligrosos se deben almacenar bajo llave e indicar sus componentes.
- No fumar, comer ni beber dentro del almacén.

## b) Transporte

- Vehículo en buenas condiciones y equipo de seguridad. La carga bien distribuida y flejada, lejos del chofer.
- Verificar el estado de los envases y etiquetas.
- Transportar en el vehículo únicamente plaguicidas y colocar señalamientos externos visibles sobre el tipo de la carga. Por ejemplo: (¡Cuidado! ) .
- En caso de accidente, minimizar las consecuencias e informar el tipo de producto, procedencia, riesgos y medidas de seguridad al personal de vigilancia.

## c) Uso y manejo

- Antes de manejar el producto asegúrese que el envase y etiquetas estén en buen estado y no haya fugas y utilice ropa y equipo de seguridad adecuado. Si hubiese fugas, alejar del área contaminada personas y animales además poner señalamientos o letreros.
- No manejar envases de manera brusca o descuidada.
- Antes de utilizar un herbicida lea cuidadosamente la etiqueta.
- El manejo y aplicación deberá hacerse como mínimo por dos personas y debe de disponerse de servicio de transporte.
- El aplicador deberá ser mayor de 18 años, saber leer perfectamente, sin problemas de salud, sueño o estar bajo el efecto de las drogas o alcohol.
- El aplicador deberá utilizar equipo de seguridad, no comer, beber o fumar mientras aplique, ni frotarse la boca, ojos o nariz. Al finalizar, lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón.
- Realizar la aplicación a favor de la dirección del viento, marcando o colocando señales en el área aplicada.
- Al finalizar la aplicación se debe realizar la destrucción, quema y enterrado de envases vacíos lejos de corrientes de agua.

## Precauciones y recomendaciones en caso de intoxicación

- Utilice ropa y equipo de seguridad adecuado antes de manejar el producto, asegúrese que el envase y etiqueta estén en buen estado y no haya fugas, si las hubiese, alejar del área contaminada personas o animales y poner señalamientos o letreros.
- El aplicador deberá ser mayor de 18 años, saber leer, completamente, sin problemas de salud, sueño o drogas o alcohol.
- Si percibe molestias, síntomas o sensaciones extrañas como escozor, vista pesada, náusea o durante la aplicación o contacto con el producto, ésta deberá suspenderse, quitarse inmediatamente la ropa y bañarse. Si los síntomas continúan llamar inmediatamente al médico, al que se deberá mostrar la etiqueta.
- Si accidentalmente se ingirió el producto, provocar el vómito, cubrir a la persona y llamar de inmediato al médico.

- En caso extremo de intoxicación, donde la víctima presente insuficiencia respiratoria, aplicar respiración artificial
- Utilice ropa y equipo de seguridad adecuado antes de manejar el producto, asegúrese que el envase y etiqueta estén en buen estado y no haya fugas, sí las hubiese, alejar del área contaminada personas o animales y poner señalamientos o letreros.
- Antes de utilizar un herbicida lea cuidadosamente la etiqueta.

### **Estudios del impacto ambiental del uso de herbicidas.**

Los estudios sobre los efectos adversos para el ambiente causados por la aplicación de herbicidas en canales y drenes comprenden una evaluación cuantitativa de la movilidad, degradación, persistencia, bioacumulación y destino final de él o los productos utilizados, así como la determinación de la toxicidad a corto y largo plazo de los residuos a peces, aves, insectos y otro tipo de organismos. Cada una de estas evaluaciones puede realizarse si se cuenta con un análisis espacial y temporal de residuos del producto utilizado, siguiendo las recomendaciones establecidas universalmente para la toma, conservación, preparación y análisis de las muestras. Por otro lado, se requiere contar con equipo de alta precisión para la determinación de residuos como son: cromatógrafos y estándares de comparación.

Los bioensayos con especies indicadoras y nativas deben incluirse para determinar las pruebas de toxicidad, mutagénesis y efectos específicos.

Se recomienda utilizar el sistema para evaluar el impacto ambiental "ECOZONE" realizado por la FAO, 1996.

## 6 CONTROL BIOLÓGICO

### 6.1 Plantas acuáticas/maleza acuática

La riqueza de las plantas acuáticas en México es muy grande debido a la diversidad de climas que presenta. Representan casi el 10% de la flora acuática mundial. Las plantas acuáticas o hidrófilas prosperan en diferentes ecosistemas, desde los lagos cráter hasta las lagunas costeras y arrecifes coralinos.

Cuando se favorece el crecimiento de algunas plantas acuáticas ocasionan problemas diversos, entre los que se pueden citar los siguientes: dificultan la operación de la infraestructura de riego, con lo que el agua no llega ni con la oportunidad ni con la suficiencia necesarias a las parcelas; también impiden la navegación, limitan la recreación, impiden las actividades pesqueras y provocan algunos problemas de salud cuando las plantas estimulan el crecimiento de insectos nocivos. No obstante, sólo un número muy limitado de plantas acuáticas tienen un crecimiento explosivo (como maleza), si se comparan con las que no presentan esta estrategia de crecimiento.

El desequilibrio ecológico que provoca el hombre es la causa fundamental del crecimiento excesivo de ciertas plantas. Al modificar su entorno biótico sin conocer la dinámica de los ecosistemas, rompe el equilibrio natural y favorece el dominio de una especie sobre las otras. Ya sea trasladando plantas de un país a otro sin sus enemigos naturales, talando bosques, descargando aguas residuales, domésticas o de origen agropecuario, etcétera. Todas las plantas en general tienen una función que desempeñar dentro de los ecosistemas; las plantas acuáticas no son la excepción.

El término de maleza acuática es definido de diversas formas. Se aplica usualmente al conjunto de plantas acuáticas que constituyen un "problema" en los usos o explotación de los embalses, o bien cuando la población de las plantas acuáticas rebasa el 35% de la superficie del embalse.

El control de estas plantas deberá considerar siempre planteamientos ecológicos. El aumento excesivo de alguna planta acuática parte siempre de un desequilibrio ecológico, por tal motivo las acciones encaminadas a su combate serán las necesarias para tratar de restablecerlo. Por esta razón, el criterio que deberá emplearse durante su combate no es la erradicación, sino el control; esto es, que si la reducción de las plantas acuáticas o maleza permite el aprovechamiento de un determinado embalse, el problema deberá considerarse resuelto. Este criterio es diferente cuando las distintas especies de maleza invaden un cultivo, ya que en estos casos se trata de eliminar a todas las competidoras.

Buenas bases de los aspectos de ecología y un conocimiento de las diferentes especies de plantas acuáticas que provocan problemas en cualquier cuerpo de agua, son dos de los aspectos que deben ser básicos para resolver el problema. El método de control que está más acorde con la búsqueda para restituir el equilibrio ecológico, es el biológico; éste no es sólo la introducción de enemigos naturales de la maleza, sino además, incluye la incorporación de medidas preventivas, que implican, además de un buen conocimiento de las plantas a combatir, de los factores climáticos o de calidad del agua que limitan o estimulan su crecimiento, etc.

### 6.2 Control biológico: el concepto

El control biológico se define como el mantenimiento a bajas densidades de plagas, incluyendo a los vectores de las enfermedades humanas, por el uso directo de enemigos naturales, depredadores y patógenos. En otras palabras, es el empleo de las poblaciones de un organismo para controlar las poblaciones de otro.

En 1964 Bach discutió la semántica del término control biológico. Él concluyó que el término puede referirse a un fenómeno natural, un campo de estudio, o una técnica de aplicación para el control de parásitos (plagas), que involucra la manipulación de enemigos naturales. En este sentido se pueden utilizar dos criterios; el ecológico o funcional que es "la acción de parásitos, depredadores y patógenos para mantener la densidad de otros organismos a un nivel menor que el que podría ocurrir en su ausencia"; y el criterio disciplinario que señala que el control biológico es "el estudio, la importación, la conservación y el incremento de organismos benéficos para la supresión de poblaciones de plagas".

Recientemente se propuso ampliar el concepto de control biológico para incluir cualquier método de control "natural", como contraparte al control químico. Este concepto "amplio" de control biológico incluye otros tipos de control como la resistencia de plantas a insectos y el control autocida (macho estéril), disciplinas que cuentan con sus propias bases, principios y metodologías muy específicas que las han caracterizado a través de su respectivo contexto histórico como estrategias de control con identidad propia, y que las diferencian del concepto clásico de control biológico en sentido amplio.

Existen tres tipos de control biológico: el clásico, por aumento y por conservación.

El control biológico clásico es la introducción de especies exóticas de parasitoides y depredadores; implica la búsqueda de enemigos naturales en el país de origen de la plaga, su cría, multiplicación y liberación en las regiones que la plaga ha invadido o donde ha sido introducida. El control por aumento es una forma de practicar el control biológico a través de la liberación masiva y periódica de entomófagos (inundación), o de la liberación de pocos individuos que sobrevivirán por varias generaciones (inoculación). El control por conservación se logra manipulando el ambiente.

Una de las diferencias más importantes entre la resistencia de plantas, el control autocida y el control biológico, radica en que la eficiencia del control varía de acuerdo a la densidad de la plaga: la eficiencia (% de control) en la resistencia de plantas es independiente de la densidad de la plaga; el control autocida es más eficiente a bajas densidades de la plaga; y el control biológico es más eficiente a altas densidades de la plaga. Esta y otras diferencias importantes justifican el rechazo de la idea del concepto "amplio" de control biológico.

### **6.3 Conceptos ecológicos básicos**

El control biológico está íntimamente relacionado con las características y las relaciones que rigen al ambiente. De hecho, es una manipulación de las leyes ecológicas. Por lo anterior, enseguida se ofrecen las definiciones de algunos conceptos ecológicos básicos.

**Ecología:** es el estudio de la relación entre los organismos y su medio físico y biológico. El medio físico incluye la luz y el calor o radiación solar, la humedad, el viento, el oxígeno, el dióxido de carbono y los nutrientes del suelo, el agua y la atmósfera. El medio biológico está formado por los organismos vivos, principalmente plantas y animales. El término ecología fue acuñado por el biólogo alemán Ernst Heinrich Haeckel en 1869; deriva del griego *oikos* (hogar), y comparte su raíz con *economía*. Es decir, ecología significa el estudio de la economía de la naturaleza. En parte, la ecología moderna empezó con Charles Darwin.

**Ecosistema:** este término fue acuñado en 1935 por el ecólogo vegetal Sir Arthur George Tansley para realzar el concepto de que cada hábitat es un todo integrado. Un sistema es un conjunto de partes interdependientes que funcionan como una unidad y requiere entradas y salidas. Las partes fundamentales de un ecosistema son los productores (plantas verdes), los consumidores (herbívoros y carnívoros), los organismos responsables de la descomposición (hongos y bacterias), y el componente no viviente o abiótico,

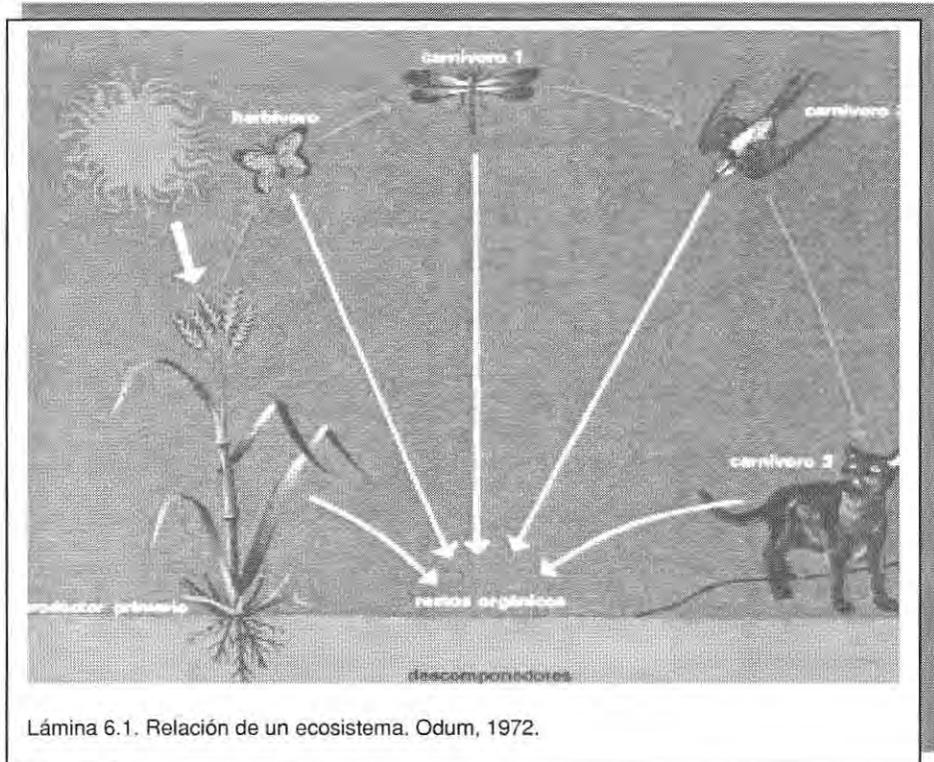


Lámina 6.1. Relación de un ecosistema. Odum, 1972.

formado por materia orgánica muerta y nutrientes presentes en el suelo y el agua. Las entradas al ecosistema son energía solar, agua, oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno y otros elementos y compuestos. Las salidas del ecosistema incluyen el calor producido por la respiración, agua, oxígeno, dióxido de carbono y nutrientes. La fuerza impulsora fundamental es la energía solar (ver lámina 6.1).

**Energía y nutrientes:** los ecosistemas funcionan con energía procedente del sol, que fluye en una dirección, y con nutrientes, que se reciclan continuamente. Las plantas usan la energía lumínica transformándola, por medio de un proceso llamado fotosíntesis, en energía química bajo la forma de hidratos de carbono y otros compuestos. Esta energía es transferida a todo el ecosistema a través de una serie de pasos basados en el comer o ser comido, la llamada cadena trófica.

En la transferencia de la energía, cada paso se compone de varios niveles tróficos o de alimentación: plantas, herbívoros (que comen vegetales), dos o tres niveles de carnívoros (que comen carne), y organismos responsables de la descomposición. Sólo parte de la energía fijada por las plantas sigue este camino, llamado cadena o red alimentaria de producción. La materia vegetal y animal no utilizada en esta red, como hojas caídas, ramas, raíces, troncos de árbol y cuerpos muertos de animales, dan sustento a la cadena o red alimentaria de la descomposición. Las bacterias, hongos y animales que se alimentan de materia muerta se convierten en fuente de energía para niveles tróficos superiores vinculados a la red alimentaria de producción. De este modo la naturaleza aprovecha al máximo la energía inicialmente fijada por las plantas.

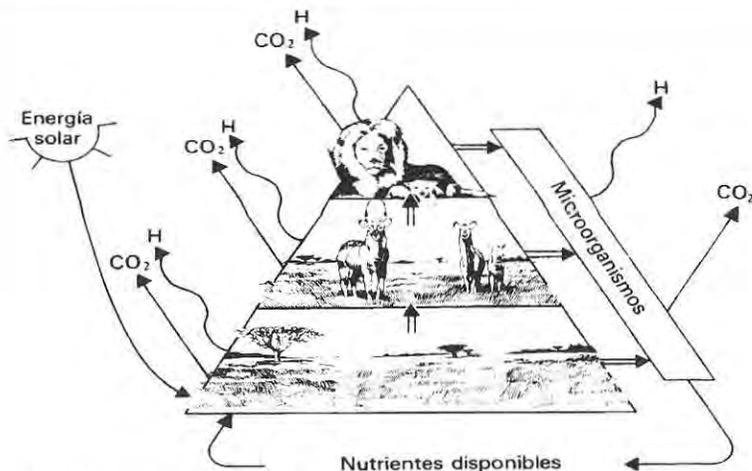


Lámina 6.2. Diagrama esquemático de la pirámide energética con los distintos niveles tróficos, representando la cadena alimenticia. Kucera, 1976.

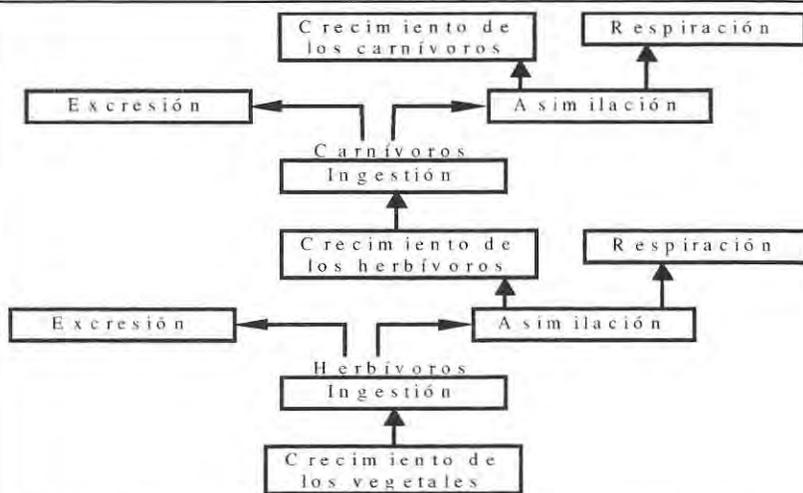


Lámina 6.3. Diagrama esquemático del flujo de energía y su distribución. Kucera, 1972

En ambas redes alimentarias el número de niveles tróficos es limitado debido a que en cada transferencia se pierde gran cantidad de energía (como calor de respiración) que deja de ser utilizable o transferible al siguiente nivel trófico. Así pues, cada nivel trófico contiene menos energía que el que le sustenta. Debido a esto, por ejemplo, los ciervos o los alces (herbívoros) son más abundantes que los lobos (carnívoros).

El flujo de energía alimenta el ciclo biogeoquímico o de los nutrientes. El ciclo de los nutrientes comienza con su liberación por desgaste y descomposición de la materia orgánica en una forma que puede ser empleada por las plantas. Éstas incorporan los nutrientes disponibles en el suelo y el agua y los almacenan en sus tejidos.

Los nutrientes pasan de un nivel trófico al siguiente a lo largo de la cadena trófica. Dado que muchas plantas y animales no llegan a ser comidos, en última instancia los nutrientes que contienen sus tejidos, tras recorrer la red alimentaria de la descomposición, son liberados por la descomposición bacteriana y fúngica, proceso que reduce los compuestos orgánicos complejos a compuestos inorgánicos sencillos que quedan a disposición de las plantas.

**Desequilibrios:** los nutrientes circulan en el interior de los ecosistemas. No obstante, existen pérdidas o salidas, y éstas deben equilibrarse por medio de nuevas entradas o el ecosistema dejará de funcionar. Las entradas de nutrientes proceden de la erosión y desgaste de las rocas, del polvo transportado por el aire, y de las precipitaciones, que pueden transportar materiales a grandes distancias. Los ecosistemas terrestres pierden nutrientes, arrastrados por las aguas y depositados en ecosistemas acuáticos y en las tierras bajas asociadas. La erosión, la tala de bosques y las cosechas extraen del suelo una cantidad considerable de nutrientes que deben ser reemplazados. De no ser así, el ecosistema se empobrece. Es por esto por lo que las tierras de cultivo han de ser fertilizadas.

Si la entrada de un nutriente excede en mucho a su salida, el ciclo de nutrientes del ecosistema se sobrecarga, y se produce contaminación. Ésta puede considerarse una entrada de nutrientes que supera la capacidad del ecosistema para procesarlos. Los nutrientes perdidos por erosión y lixiviación en las tierras de cultivo, junto con las aguas residuales urbanas y los residuos industriales, van a parar a los ríos, lagos y estuarios. Estos contaminantes destruyen las plantas y los animales que no toleran su presencia o el cambio ambiental que producen; al mismo tiempo favorecen a algunos organismos con mayor tolerancia al cambio. Así, en las nubes llenas de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno procedentes de las áreas industriales, éstos se transforman en ácidos sulfúrico y nítrico diluidos y caen a tierra, en forma de lluvia ácida, sobre grandes extensiones de ecosistemas terrestres y acuáticos. Esto altera las relaciones ácido-base en algunos de ellos, mueren los peces y los invertebrados acuáticos y se incrementa la acidez del suelo; esto reduce el crecimiento forestal en los ecosistemas septentrionales y en otros que carecen de calizas para neutralizar el ácido.

**Población:** las unidades funcionales de un ecosistema son las poblaciones de organismos, a través de las cuales circulan la energía y los nutrientes. Una población es un grupo de organismos de la misma especie que sólo se pueden reproducir entre ellos y comparten el mismo espacio y tiempo.

**Comunidad:** los grupos de poblaciones de un ecosistema interactúan de varias formas. Estas poblaciones interdependientes forman una comunidad, que abarca la porción biótica del ecosistema.

**Diversidad:** la comunidad tiene ciertos atributos, entre ellos la dominancia y la diversidad de especies. La dominancia se produce cuando una o varias especies controlan las condiciones ambientales que influyen en las especies asociadas. En un bosque, por ejemplo, la especie dominante puede ser una o más especies de árboles, como el roble o el abeto; en una comunidad marina los organismos dominantes suelen ser animales, como los mejillones o las ostras. La dominancia puede influir en la diversidad de especies de una comunidad porque la diversidad no se refiere solamente al número de especies que la componen, sino también a la proporción que cada una de ellas representa.

La naturaleza física de una comunidad queda en evidencia por las capas en las que se estructura, o su estratificación. En las comunidades terrestres, la estratificación está influida por la forma que adoptan las plantas al crecer. Las comunidades sencillas, como los pastos, con escasa estratificación vertical, suelen estar formadas por dos capas: suelo y capa herbácea. Un bosque puede tener varias capas: suelo, herbácea, arbustos, árboles de porte bajo, árboles de porte alto con copa inferior o superior, entre otras. Estos estratos influyen en el medio ambiente físico y en la diversidad de hábitats para la fauna. La estratificación vertical de las comunidades acuáticas, por contraste, recibe sobre todo la influencia de las condiciones físicas: profundidad, iluminación, temperatura, presión, salinidad, contenido en oxígeno y dióxido de carbono.

**Hábitat y nicho:** la comunidad aporta el hábitat, el lugar en el que viven las distintas plantas o animales. Dentro de cada hábitat, los organismos ocupan distintos nichos. Un nicho es el papel funcional que desempeña una especie en una comunidad, es decir, su ocupación o modo de ganarse la vida. Por ejemplo, el candelero oliváceo vive en un hábitat de bosque de hoja caduca. Su nicho, en parte, es alimentarse de insectos del follaje. Cuanto más estratificada esté una comunidad, en más nichos adicionales estará dividido su hábitat.

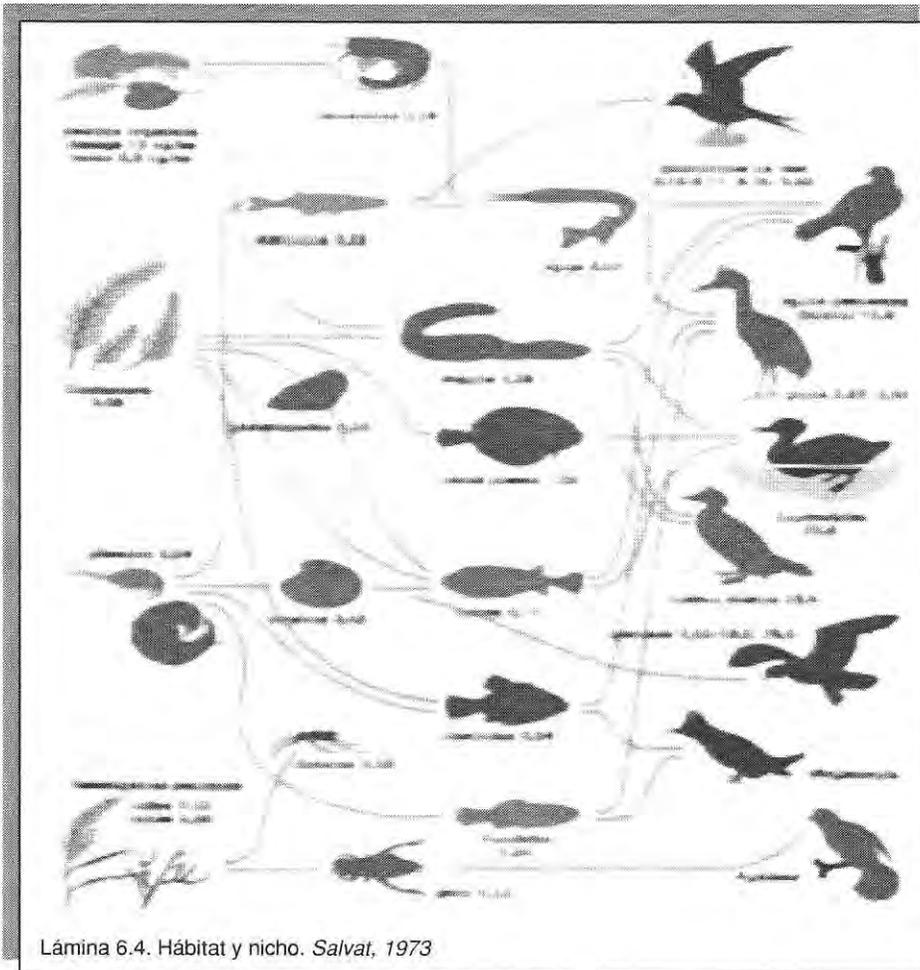


Lámina 6.4. Hábitat y nicho. Salvat, 1973

**Tasas de crecimiento de la población:** las poblaciones tienen una tasa de natalidad (número de crías producido por unidad de población y tiempo) una tasa de mortalidad (número de muertes por unidad de tiempo) y una tasa de crecimiento. El principal agente de crecimiento de la población son los nacimientos, y el principal agente de descenso de la población es la muerte. Cuando el número de nacimientos es superior al número de muertes la población crece y cuando ocurre lo contrario, decrece. Cuando el número de nacimientos es igual al de muertes en una población dada, su tamaño no varía y se dice que su tasa de crecimiento es cero.

Al ser introducida en un medio ambiente favorable con abundantes recursos, una pequeña población puede experimentar un crecimiento geométrico o exponencial, algo similar al interés compuesto. Muchas poblaciones experimentan un crecimiento exponencial en las primeras etapas de la colonización de un hábitat, ya que se apoderan de un nicho infraexplotado o expulsan a otras poblaciones de uno rentable. Las poblaciones que siguen creciendo exponencialmente, no obstante, acaban llevando al límite los recursos, y entran con rapidez en declive debido a algún acontecimiento catastrófico como una hambruna, una epidemia o la competencia con otras especies.

En términos generales, las poblaciones de plantas y animales que se caracterizan por experimentar ciclos de crecimiento exponencial son especies con abundante descendencia y se ocupan poco de sus crías o producen abundantes semillas con pocas reservas alimenticias. Estas especies, que acostumbran a tener una vida corta, se dispersan con rapidez y son capaces de colonizar medios ambientes hostiles o alterados. A menudo reciben el nombre de especies oportunistas.

Otras poblaciones tienden a crecer de forma exponencial al comienzo y logísticamente a continuación, es decir, su crecimiento va disminuyendo al ir aumentando la población, y se estabiliza al alcanzar los límites de la capacidad de sustentación de su medio ambiente. A través de diversos mecanismos reguladores, tales poblaciones mantienen un cierto equilibrio entre su tamaño y los recursos disponibles. Los animales que muestran este tipo de crecimiento poblacional tienden a tener menos crías, pero les proporcionan atención familiar; las plantas producen grandes semillas con considerables reservas alimenticias.

Estos organismos tienen una vida larga, tasas de dispersión baja y son malos colonizadores de hábitats alterados. Suelen responder a los cambios en la densidad de población (número de organismos por unidad de superficie) con cambios en las tasas de natalidad y de mortalidad en lugar de la dispersión. Cuando la población se aproxima al límite de los recursos disponibles, las tasas de natalidad disminuyen y las de mortalidad entre jóvenes y adultos aumentan.

**Interacciones en la comunidad:** las principales influencias sobre el crecimiento de las poblaciones están relacionadas con diversas interacciones, que son las que mantienen unida a la comunidad. Estas incluyen la competencia, tanto en el seno de las especies como entre especies diferentes, la depredación, incluyendo el parasitismo, y la coevolución o adaptación.

**Competencia:** cuando escasea un recurso compartido, los organismos compiten por él, y los que lo hacen con mayor éxito sobreviven, se recuerda la selección de las especies de Darwin. En algunas poblaciones vegetales y animales, los individuos pueden compartir los recursos de tal modo que ninguno de ellos obtenga la cantidad suficiente para sobrevivir como adulto o reproducirse entre otras poblaciones, vegetales y animales, los individuos dominantes se apoderan de la totalidad de los recursos y los demás quedan excluidos. Individualmente, las plantas tienden a aferrarse al lugar donde arraigan hasta que pierden vigor o mueren, e impiden que sobrevivan otros individuos controlando la luz, la humedad y los nutrientes del entorno, como sucede con las malezas acuáticas que tienen una alta competencia con respecto a otros seres vivos (plantas o animales).

Muchos animales tienen una organización social muy desarrollada, a través de la cual se distribuyen recursos como el espacio, los alimentos y la pareja entre los miembros dominantes de la población. Estas interacciones competitivas pueden manifestarse en forma de dominancia social, en la que los individuos dominantes excluyen a los subdominantes de un determinado recurso, o en forma de territorialidad, en la que los individuos dominantes dividen el espacio en áreas excluyentes,

que ellos mismos se encargan de defender. Los individuos subdominantes o excluidos se ven obligados a vivir en hábitats más pobres, a sobrevivir sin el recurso en cuestión o a abandonar el área. Muchos de estos animales mueren de hambre, por exposición a los elementos y víctimas de los depredadores.

La competencia entre los miembros de especies diferentes provoca el reparto de los recursos de la comunidad. Las plantas, por ejemplo,

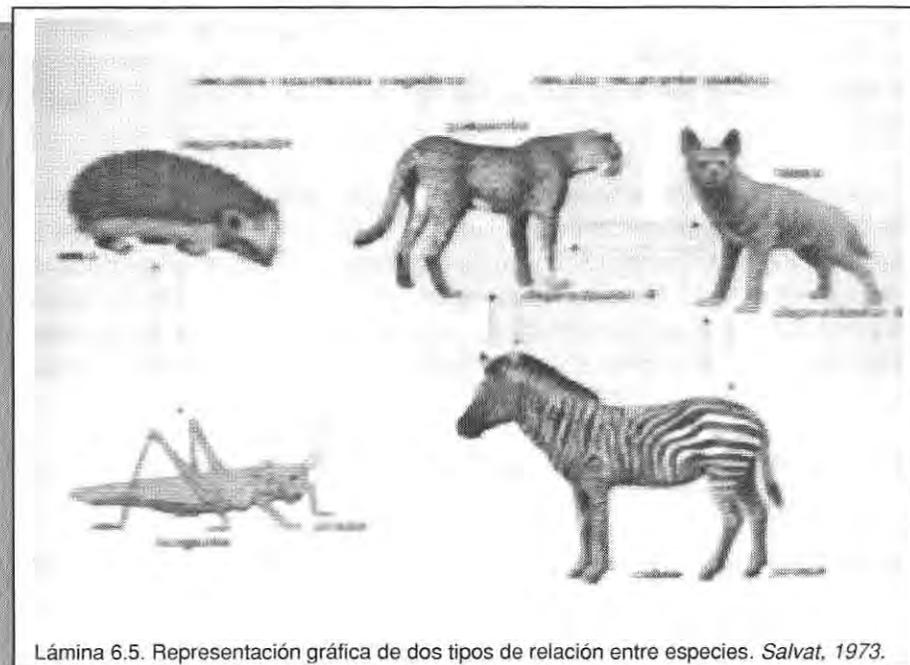


Lámina 6.5. Representación gráfica de dos tipos de relación entre especies. Salvat, 1973.

tienen raíces que penetran en el suelo hasta diferentes profundidades. Algunas tienen raíces superficiales que les permiten utilizar la humedad y los nutrientes próximos a la superficie. Otras que crecen en el mismo lugar tienen raíces profundas que les permiten explotar una humedad y unos nutrientes no disponibles para las primeras.

**Depredación:** una de las interacciones fundamentales es la depredación, o consumo de un organismo vivo, vegetal o animal, por otro. Si bien sirve para hacer circular la energía y los nutrientes por el ecosistema, la depredación puede también controlar la población y favorecer la selección natural eliminando a los menos aptos. Así pues, un conejo es un depredador de la hierba, del mismo modo que el zorro es un depredador de conejos, ver la lámina 6.6. La depredación de las plantas incluye la defoliación y el consumo de semillas y frutos. La abundancia de los depredadores de plantas, o herbívoros, influye directamente sobre el crecimiento y la supervivencia de los carnívoros. Es decir, las interacciones depredador-presa a un determinado nivel trófico influyen sobre las relaciones depredador-presa en el siguiente.

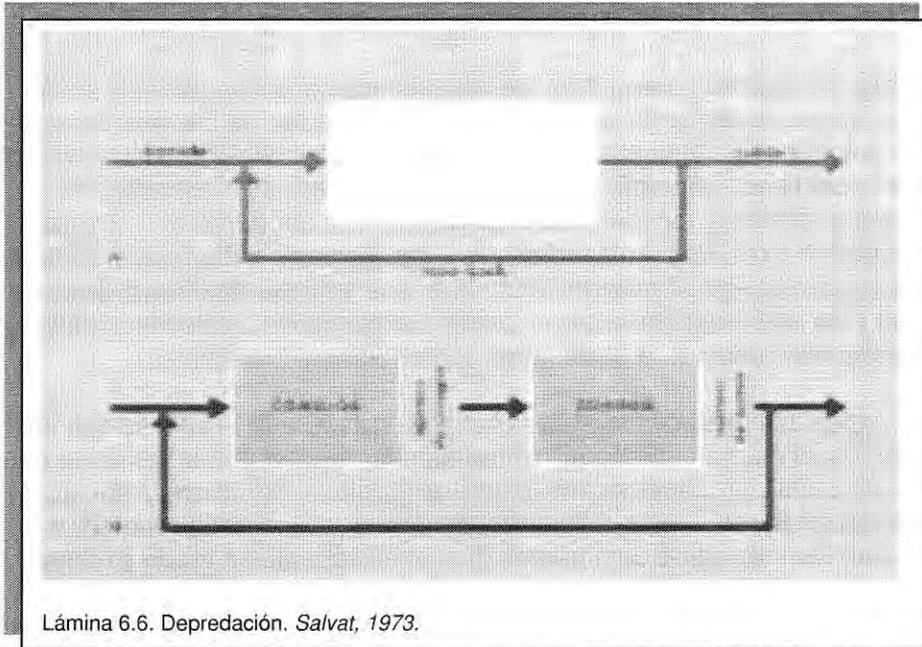


Lámina 6.6. Depredación. Salvat, 1973.

En ciertas comunidades, los depredadores llegan a reducir hasta tal punto las poblaciones de sus presas que en la misma zona pueden coexistir varias especies en competencia porque ninguna de ellas abunda lo suficiente como para controlar un recurso. No obstante, cuando disminuye el número de depredadores, o estos desaparecen, la especie dominante tiende a excluir a las competidoras, reduciendo así la diversidad de especies. Caso de esto

es el control biológico de la carpa al controlar a la hidrila. La carpa se alimenta de esta maleza acuática hasta casi extinguirla.

**Parasitismo:** el parasitismo está estrechamente relacionado con la depredación. En él, dos organismos viven unidos, y uno de ellos obtiene su sustento a expensas del otro. Los parásitos, que son más pequeños que sus huéspedes, incluyen multitud de virus y bacterias. Debido a esta relación de dependencia, los parásitos no suelen acabar con sus huéspedes, como hacen los depredadores. Como resultado, huéspedes y parásitos suelen coevolucionar hasta un cierto grado de tolerancia mutua, aunque los parásitos pueden regular la población de algunas especies huéspedes, reducir su éxito reproductivo y modificar su comportamiento.

Un ejemplo de este parasitismo se tendría en el uso de hongos y el neoquetino para el control del lirio acuático.

**Coevolución:** la coevolución es la evolución conjunta de dos especies no emparentadas que tienen una estrecha relación ecológica, es decir, que la evolución de una de las especies depende en parte de la evolución de la otra. La coevolución también desempeña un papel en las relaciones depredador-presa. Con el paso del tiempo, al ir desarrollando el depredador formas más eficaces de capturar a su presa, ésta desarrolla mecanismos para evitar su captura. Las plantas han desarrollado mecanismos defensivos como espinas, púas, vainas duras para las semillas y savia venenosa o de mal sabor para disuadir a sus consumidores potenciales. Algunos herbívoros son capaces de superar estas defensas y atacar a la planta. Ciertos insectos, como la mariposa monarca, pueden

incorporar a sus propios tejidos sustancias venenosas tomadas de las plantas de las que se alimentan y las usan como defensa contra sus depredadores. Otros organismos similares relacionados con ella (véase Mariposa virrey) pueden adquirir, a través de la selección natural, un patrón de colores o una forma que imita la de la especie no comestible.

Dado que se asemejan al modelo desagradable, los imitadores consiguen evitar la depredación. Otros animales recurren a asumir una apariencia que hace que se confundan con su entorno o que parezcan formar parte de él (mimetismo). El camaleón es un ejemplo bien conocido de esta interacción. Algunos animales que emplean olores desagradables o venenos a modo de defensa suelen exhibir también coloraciones de advertencia, normalmente colores brillantes o dibujos llamativos, que actúan como aviso adicional para sus depredadores potenciales.

Otra relación coevolutiva es el mutualismo, en el que dos o más especies dependen la una de la otra y no pueden vivir más que asociadas. Un ejemplo de mutualismo es el de las micorrizas, simbiosis forzosa entre determinados hongos y las raíces de ciertas plantas. En uno de los grupos, el de las ectomicorrizas, los hongos forman una capa o manto en torno a las radículas. Las hifas de los hongos invaden la radícula y crecen entre las paredes celulares, además de extenderse al suelo adentro a partir de ella. Los hongos, que incluyen varias setas comunes de los bosques, dependen del árbol para obtener energía. A cambio, ayudan al árbol a obtener nutrientes del suelo y protegen sus raíces de ciertas enfermedades. Sin las micorrizas, algunos grupos de árboles, como las coníferas y los robles, no pueden sobrevivir y desarrollarse. Por su parte, los hongos no pueden existir sin los árboles. Véase Simbiosis.

### Sucesión y comunidades

**clímax:** Los ecosistemas son dinámicos en el sentido de que las especies que los componen no son siempre las mismas. Esto se ve reflejado en los cambios graduales de la comunidad vegetal con el paso del tiempo, fenómeno conocido como sucesión. Comienza por la colonización de un área alterada, como un campo de cultivo abandonado o un río de lava recientemente expuesto, por parte de especies capaces de tolerar sus condiciones ambientales.

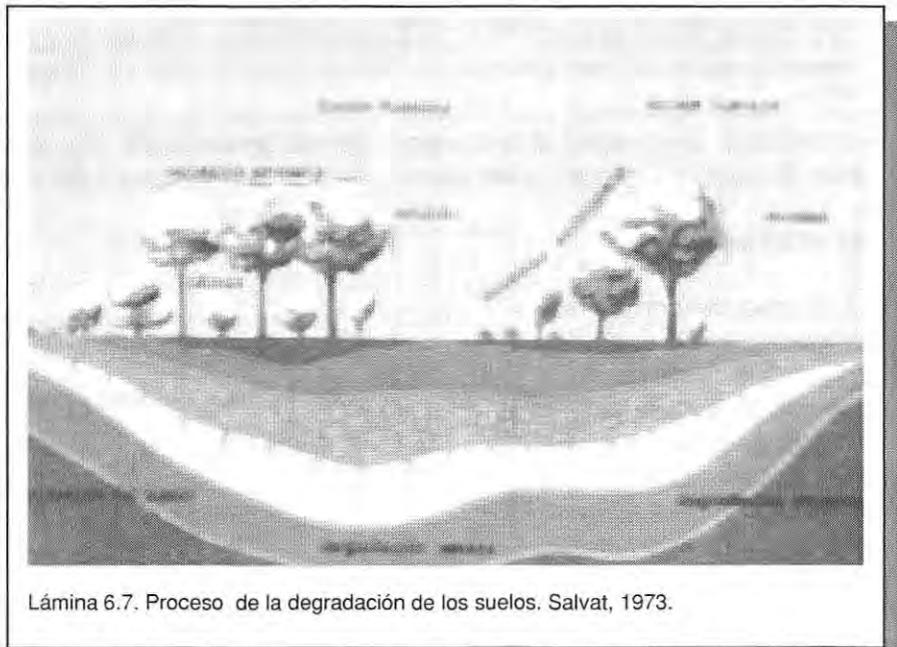


Lámina 6.7. Proceso de la degradación de los suelos. Salvat, 1973.

En su mayor parte se trata de especies oportunistas que se aferran al terreno durante un periodo de tiempo variable. Dado que viven poco tiempo y que son malas competidoras, acaban siendo reemplazadas por especies más competitivas y de vida más larga, como ocurre con ciertos arbustos que más tarde son reemplazados por árboles. En los hábitats acuáticos, los cambios de este tipo son en gran medida resultado de cambios en el medio ambiente físico, como la acumulación de sedimentos en el fondo de un estanque. Al ir haciéndose menos profundo, se favorece la invasión de plantas flotantes como los lirios de agua y de plantas emergentes como las espadañas. La velocidad de la sucesión depende de la competitividad de la especie implicada; de la tolerancia a las

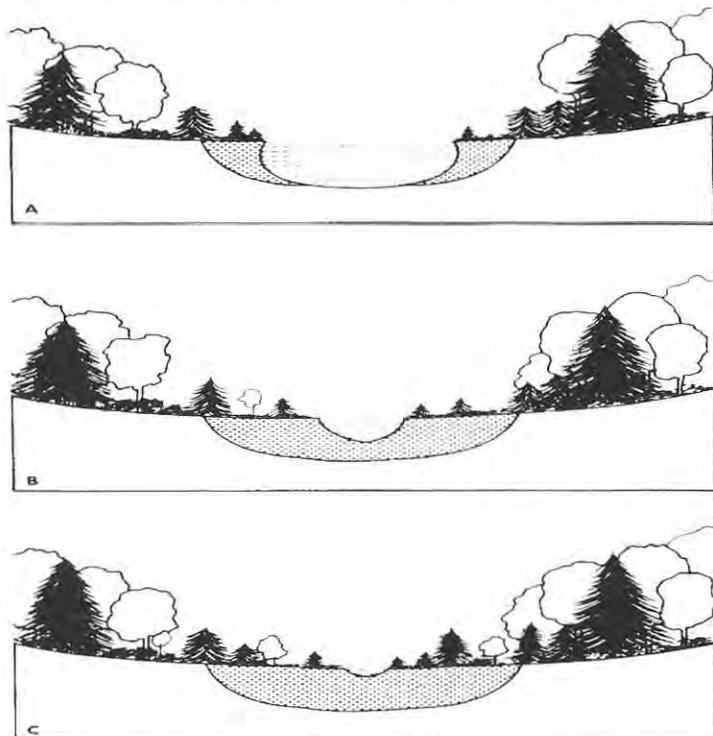


Lámina 6.8. Perfil vertical del desarrollo de una charca a partir de un lago. La acumulación de materia orgánica Reduce la profundidad del agua, haciendo posible la invasión de algunos estadios o comunidades en un orden secuencial, de A a C. Kucera, 1976.

condiciones ambientales producidas por el cambio en la vegetación; de la interacción con los animales, sobre todo con los herbívoros rumiantes, y del fuego. Este fenómeno, puede decirse, es el principio de establecimiento de una maleza en hábitat acuático o terrestre.

Con el tiempo, el ecosistema llega a un estado llamado clímax (estado óptimo de una comunidad biológica, dadas las condiciones del medio), en el que todo cambio ulterior se produce muy lentamente, y el emplazamiento queda dominado por especies de larga vida y muy competitivas. Al ir avanzando la sucesión, no obstante, la comunidad se vuelve más estratificada,

permitiendo que ocupen el área más especies de animales. Con el tiempo, los animales característicos de fases más avanzadas de la sucesión reemplazan a los propios de las primeras fases.

### 6.4 Antecedentes

La historia del control biológico se liga a aspectos muy diversos de distintos campos de la ciencia y en general de la vida y actividades del hombre. Se relaciona con la necesidad de proteger a las plantas cultivadas contra los organismos que les causan daños.

Las disciplinas que fundamentan el control biológico y que han posibilitado que se desarrolle son las siguientes:

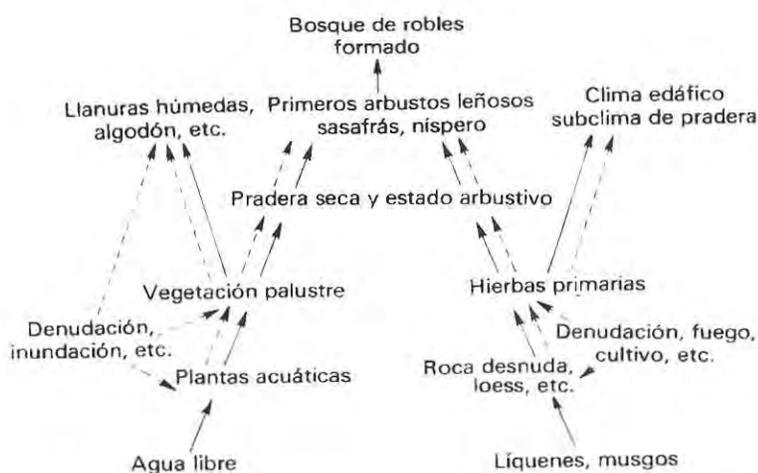


Lámina 6.9. Diagrama esquemático de los cambios sucesionales a partir de distintos puntos de origen. Kucera, 1976.

- Taxonomía.
- Sistemática.
- Nomenclatura binominal.
- Descubrimiento y perfeccionamiento del microscopio.
- Fisiología de organismos.
- Mecanismos de reproducción.
- Genética de plantas y animales.
- Bioquímica.
- Métodos ecológicos cuantitativos.

Existe la aceptación generalizada de que el hombre observó primero los insectos depredadores, y en consecuencia, comprendió el significado de la depredación muchos años antes de tener noción del parasitismo.

Los registros sobre control biológico más antiguos señalan que los asiáticos propiciaban y protegían la actividad de las hormigas entomófagas 3,500 años a.c., en contra de insectos que barrenaban a la morera, planta hospedera del gusano de seda. En los años 900-1,200 d. c. los citricultores chinos empleaban a la hormiga depredadora *Oecophyla smaragdina* para combatir el defoliador de los cítricos *Tessarotoma pupillosa* (Drury).

El primer caso registrado de insectos parasitoides es al parecer el que consigna Aldrovandi en 1602, sobre la emergencia de *Apanteles glomeratus* (L) del gusano de la col, *Pieris rapae* (L). El primer traslado internacional de enemigos naturales de una plaga fue hecha por Riley en 1873, cuando envió de los Estados Unidos a Francia ácaros *Tyroglyphus phylloxerae* para combatir a la filoxema de la vid.

En México a finales del siglo pasado y principios del actual se tienen noticias de numerosos casos de control biológico registrados: de reptiles contra roedores; de murciélagos para combatir mosquitos; de virus contra la rata de campo; de peces para disminuir las poblaciones de mosquitos transmisores del paludismo; de aves contra algunos insectos, etc. México y Estados Unidos han exportado e importado intensamente enemigos naturales de plagas que son comunes en ambos países y en otros de la región.

Los primeros trabajos sobre introducción de agentes de control biológico contra insectos perjudiciales a la caña de azúcar en nuestro país, son probablemente los de R.H. Van Zwaluwenburg y S.E. Flanders, quienes trajeron parasitoides de barrenadores *Diatraea* de la caña de azúcar.

La mayoría de los intentos de control biológico mediante introducciones de enemigos naturales ha sido de un país a otro y con la finalidad de controlar plagas de origen externo. Es oportuno hacer notar que se ha puesto poca atención a la transferencia de enemigos naturales de una parte del país a otra. La experiencia de Canadá indica que han habido más éxitos siguiendo esta práctica que mediante introducciones de organismos del extranjero (Mc Leod, 1962).

### **6.5 Características de los agentes de control biológico**

Desde el punto de vista económico, un enemigo natural efectivo es aquel capaz de regular la densidad de población de una plaga y mantenerla en niveles abajo del umbral económico establecido para un determinado cultivo.

El general, los enemigos naturales más efectivos comparten las siguientes características:

- Adaptabilidad a los cambios en las condiciones físicas del ambiente.
- Alto grado de especificidad a un determinado huésped/presa.
- Alta capacidad de crecimiento poblacional con respecto a su huésped/presa.
- Alta capacidad de búsqueda, particularmente a bajas densidades del huésped/presa.
- Sincronización con la fenología del huésped/presa y capacidad de sobrevivir períodos en los que el huésped/presa esté ausente.
- Capaz de modificar su acción en función de su propia densidad y la del huésped/presa, es decir mostrar densidad-dependencia.

### **6.6 Control biológico de maleza acuática**

Para Pietterse (1990) el control biológico de plantas acuáticas significa las actividades dirigidas a disminuir la población de una maleza acuática hasta niveles aceptables por medio de organismos vivos o virus (de acuerdo con la terminología de la ciencia de la maleza (1984).

El enfoque clásico involucra la importación y liberación de uno o más enemigos naturales que atacan a la maleza "blanco" en su centro de origen, dentro de las áreas en que la maleza ha sido introducida y sus enemigos están ausentes. El objetivo de este enfoque no es la erradicación, sino la autorregulación permanente de las poblaciones de malezas a niveles aceptables.

El primer intento de control biológico de malezas fue realizado en 1863 cuando la cochinilla *Dactylopius ceylonicus* (Green) fitófago específico del cacto introducido *Opuntia vulgaris* Mill., fue importada de la India para el control de dicha planta. En México son escasos los estudios de control biológico de malezas, a pesar de que por su ubicación latitudinal, es poseedor de una de las mayores riquezas florísticas del mundo. El apoyo e interés por estudiar los enemigos de las plantas autóctonas ha sido limitado.

#### **6.6.1 Control biológico de lirio acuático. Generalidades**

Cuando la población de un organismo crece excesivamente y causa problemas al hombre y al medio ambiente, se convierte en plaga. Para regular su población, el control biológico puede convertirse en un método efectivo y seguro.

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) foto 6.1, es una de las malezas que provocan más problemas en el mundo. Algunos autores como Holm *et al*, 1977 y Harley (in press), señalan que los daños causados por esta maleza son más grandes que los de cualquier otra en el mundo.



Foto 6.1 Lirio acuático

Los métodos químicos y mecánicos para controlar al lirio acuático han demostrado ser ineficientes, demasiado caros y ambientalmente peligrosos (Harley, K.L.S., 1990). Aunque el control del lirio con herbicidas es efectivo, su uso es muchas veces limitado a las áreas críticas de bastas superficies de infestación. Los aspectos ambientales, las percepciones públicas sobre el uso de químicos en agua potable y los altos costos de los herbicidas, son

factores que se han combinado para crear un alto interés en el control biológico de las malezas acuáticas (Center, D.T., 1990).

El lirio acuático es una macrofita que se desarrolla en aguas tranquilas. Fue exportado a Estados Unidos en 1884 para una exposición sobre algodón en Nueva Orleans. En este evento los expositores proporcionaron especies vivas a los visitantes; el gran potencial para reproducirse de esta especie provocó que invadiera los sistemas acuáticos y se extendiera rápidamente. En 1888 infestó las aguas dulces de la costa de Texas, Louisiana, Mississippi y Alabama. Llegó a Florida en 1890, a Georgia en 1902, y a California en 1904 (Center, C.T.; Cofrancesco, F.A.; Balciunas, K.J.; 1989). A México llegó traído de Sudamérica, como planta de ornato.

El lirio acuático se ha extendido desde Sudamérica a las áreas más tropicales del mundo. Muchas veces las plantas cubren completamente canales, estanques y pequeños lagos donde impiden el tránsito de botes, interfieren en las operaciones de pesca, presentan un peligro a los generadores hidroeléctricos, interfieren con el crecimiento del arroz, y hacen que el curso del agua sea más favorable para la proliferación de insectos y moluscos, que son vectores de enfermedades humanas y animales (DeLoach, J.C., 1982).

El lirio acuático pierde agua rápidamente a través de sus hojas. Este fenómeno ha sido estudiado en numerosas ocasiones en varias partes del mundo; se ha estimado que el promedio de pérdida de agua debido a la evapotranspiración de lirio es 3.5 veces más que el agua libre de maleza (Timmer and Weldon, 1967; Gopal and Sharma, 1981).

### 6.6.2 Agentes de control biológico de lirio acuático

Varios insectos y otros artrópodos han sido encontrados atacando al lirio acuático en Sudamérica (Bennett y Zwölfer, 1968, Andrés y Bennett, 1975), de los cuales dos especies de escarabajos, *Nepochetina bruchi* Hustache y *N. eichhorniae* Warner, y una especie de pirálido (polilla), *Sameodes albiguttalis*, ver foto 6.2 destacan entre las 4 ó 5 especies más prominentes para introducción en los Estados Unidos (DeLoach, 1975).

Estos insectos fueron liberados en los Estados Unidos para el control del lirio acuático en distintos años. Los escarabajos *Neochetina eichhorniae* Warner y *N. bruchi* Hustache, fueron liberados en 1972 y 1974, respectivamente (Perkins, 1973; Perkins y Maddox, 1976); el pirálido *Sameodes albiguttalis*, Warren, fue liberado en 1977 y establecido en 1979 (Center, D.T., 1984).

Existen muchas experiencias exitosas de control biológico de lirio acuático en el mundo, a partir de la liberación y el establecimiento de los insectos *N. eichhorniae*, *N. bruchi* y *S. albiguttalis*: en el dique Los Sauces en Argentina (DeLoach y Cordo, 1983); en Bangalore, India (Jayanth, 1988); en diez localidades de Tailandia (Nepompeth, 1983); en numerosos sitio de la costa oeste de Australia (Wright, 1983); en el río Nilo, a lo largo de más de 3 mil kilómetros en Sudán (Irving y Beshir, 1982); en los estados de Louisiana y Texas, E.U.A. (Cofrancesco, 1984); en Honduras (Pity, 1991, comunicación personal); y en otros 15 países (Harley, 1990). También se ha demostrado en campo la efectividad del hongo *Cercospora rodmanii* como agente de control biológico de lirio acuático (Pérez, P., 1993).

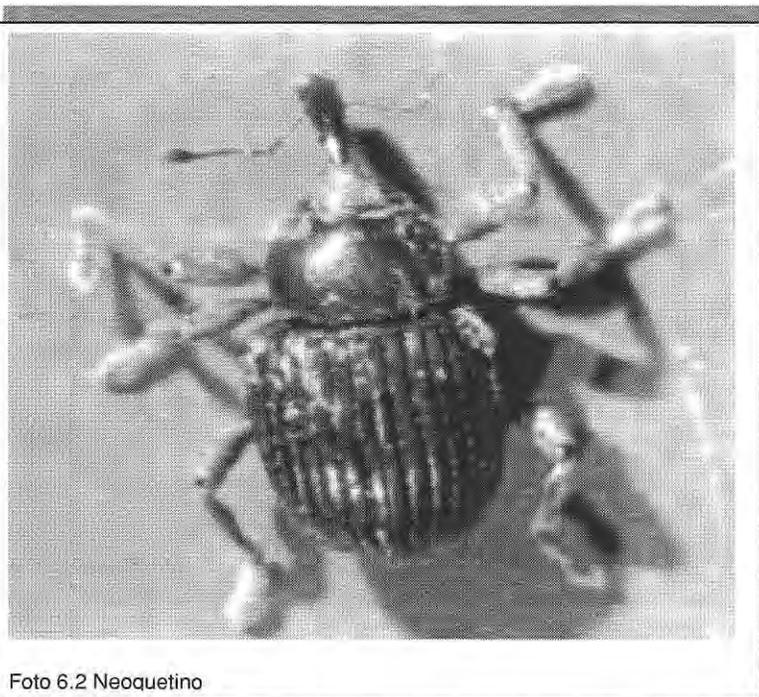


Foto 6.2 Neoquetino

### 6.6.3 Experiencias en el control de lirio acuático en México



Foto 6.3. Control mecánico del lirio acuático

En México se han empleado la mayoría de los métodos para controlar el lirio acuático: cosecha o destrucción manual o con maquinaria, uso de herbicidas y agentes biológicos. No obstante, son reducidas las experiencias sustentadas con investigación básica (Gutiérrez, 1991).

Dentro del control mecánico, el procedimiento más simple y primitivo es el manual, que se lleva a cabo por extracción a mano o con instrumentos agrícolas. En México, es posible aplicar este método en superficies pequeñas o con poca infestación. Esta práctica se ha

ejecutado en Xochimilco y se practica en algunos canales para riego y drenes (Gutiérrez, 1991).

La SARH calculó en 1979 que se requieren 229 personas para extraer en una hora la misma cantidad de maleza que removería una máquina "Aquamarin" H5-200, con extracción continua y densidad promedio de 27 kg/m<sup>2</sup>. Otra evaluación señala que un hombre puede extraer 393 kg en una hora y 2.5 toneladas en un día (Bastidas et al., 1980).

Un control mecánico más eficiente se logra con el empleo de maquinaria. Las máquinas pueden ser fijas o flotantes y controlan el lirio al cortarlo o destruirlo *in situ*. Existen diversos modelos que han sido probados en diferentes embalses de México pero ninguno ha resultado eficiente (foto 6.3). Unos por su bajo rendimiento y otros porque han sido económicamente inviables.

La trituración es más eficiente y más económica que la extracción. Tiene una eficiencia de 700 toneladas al día en 16 horas de trabajo, mientras que la segunda sólo alcanza a extraer 150 toneladas en el mismo tiempo (Gutiérrez, 1991).

El primero caso de limpieza de un embalse infestado por lirio fue el de la presa Requena en el estado de Hidalgo, mediante una máquina trituradora denominada "Retador" (Díaz y Gutiérrez, 1988; Díaz, 1990; Gutiérrez, 1991).

Este equipo corta y tritura el lirio sin extraerlo, por lo que los fragmentos de esta maleza, quedan depositados en el cuerpo de agua. Esto es un inconveniente porque representa un riesgo para la calidad del agua de un embalse determinado, y por el potencial surgimiento de nuevas plantas.

Díaz (1990) señala que la pedacería de lirio en los tamaños que los dejó el "Retador" (de 3 a 7 cm) en la presa Requena se descompusieron a los cinco días y se hundieron después en forma de materia orgánica. En el fondo del embalse se observó un espesor de sedimentación de 5 mm, lo que no representa azolvamiento. Señala que la pedacería dejada por "Retador" no origina nuevos brotes, aunque en pedazos mayores de 7 cm, sí se generan nuevas plantas (Díaz, 1990).

Otra fuente indica que la trituración de la maleza de la laguna de Zumpango incorporó a la columna de agua alrededor de 241,000 toneladas de lirio aproximadamente en seis meses, lo que provocó cambios sustanciales en la calidad del agua.

Se registraron aumentos en la DBO (demanda biológica de oxígeno) de 243%; en la DQO (demanda química de oxígeno) de 69%; en fósforo (PO<sub>4</sub>) de 185%; en nitrógeno como nitrato (NO<sub>3</sub>) de 94%; y en nitrógeno orgánico de 138%. Además, se detectó un aumento de pH que alcanzó hasta 10 unidades. Esta situación estimuló el desarrollo de plantas sumergidas y provocó la mortandad masiva de peces y otras especies (Gutiérrez, 1991).

Gutiérrez (1991) se señala la inconveniencia de emplear el método de trituración para el control del lirio acuático en algunos cuerpos de agua del país, debido a que se incrementan los nutrientes del agua y se estimula la germinación de la semilla en superficies limpias. No obstante, se destaca que por el momento no existe otra máquina con la eficacia del "Retador" (Díaz, 1990; Gutiérrez, 1991).

El control biológico representa hoy una buena alternativa para mantener bajos niveles de infestación de lirio acuático. En 1993 el IMTA invitó y coordinó las visitas de expertos internacionales en la materia, como los Doctores Jack De Loach y Ted Center, quienes apoyaron la inquietud de la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del Instituto, para desarrollar un proyecto que permitiera probar la efectividad de los insectos *Neochetina eichhorniae*, *N. bruchi* y *Sameodes albipunctata* como agentes de control biológico del lirio acuático.

Se llevaron a cabo recorridos de campo por los estados de Sinaloa, Jalisco, Tabasco, Veracruz y Chiapas, y se descubrió en el sureste la existencia de la especie *N. eichhorniae* y de otras que potencialmente pueden constituirse como agentes de control biológico del lirio acuático en las regiones donde esta especie no existe, como en Sinaloa (en Jalisco se tienen registros de este insecto desde 1978). Estas especies no habían sido reportadas en el sureste de México hasta ahora.

## 7 CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO

### 7.1 Introducción

Un elemento que frena el aprovechamiento pleno del agua es la maleza acuática. Obstruyen canales y atascan drenes, obstaculizan el agua para riego, provocan filtraciones y evaporación. Según la Comisión Nacional del Agua (CNA), en México, el 20% de los canales y el 48% de los drenes están infestados por maleza acuática. El presupuesto promedio que destina cada distrito a la conservación oscila entre el 50 y el 60%; de este monto, el 10% se emplea exclusivamente en la extracción de maleza acuática.

Datos de Arreguín y Gutiérrez (1993) señalaban que en el ámbito nacional se requeriría una erogación superior a 240 millones de pesos anuales para controlar las 60 mil hectáreas infestadas mediante el empleo de métodos químicos y mecánicos. Era necesario, por lo tanto, que se investigara, validara y transfirieran a los usuarios formas de control económicas, eficientes y seguras con el ambiente. El método que reúne estas cualidades es el biológico. De acuerdo con la FAO, este método ha sido empleado con éxito en más de 20 países (Labrada, *et al*, 1982). El control biológico es el empleo de la población de un organismo para controlar la población de otro.

Dentro de las diferentes especies de maleza acuática que invaden la infraestructura de riego de los distritos, una de las que provoca más problemas es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). En 1993, de los 60 distritos de riego donde se había detectado la presencia de esta maleza, los más afectados eran el 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo y el 074, Mocorito, ambos localizados en la parte costera central del estado de Sinaloa, México.

De acuerdo con la FAO, el control biológico de lirio acuático se ha basado fundamentalmente en los insectos *Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae), *Sameodes albiguttalis* y *Acigona infusella* (Lepidoptera: Pyralidae). Estos agentes de control han funcionado bien debido a que son específicos y a que tienen la capacidad de reducir el lirio acuático a bajas densidades.

### 7.2 Antecedentes

Para contribuir al control de lirio acuático por métodos biológicos, la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y el Colegio de Postgraduados (CP), mediante convenio, introdujeron y evaluaron en laboratorio a los insectos *Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*, conocidos como "neoquetinos". En 1993 se obtuvieron los permisos para movilizar de Florida, E.U.A. a México las dos especies de insectos; que en diciembre de ese mismo año se introdujeron al país. Durante la cuarentena sanitaria obligatoria de estos insectos, se les detectó un entomopatógeno del tipo microsporidio. Esto hizo necesario purificar las cepas para obtener organismos sanos.

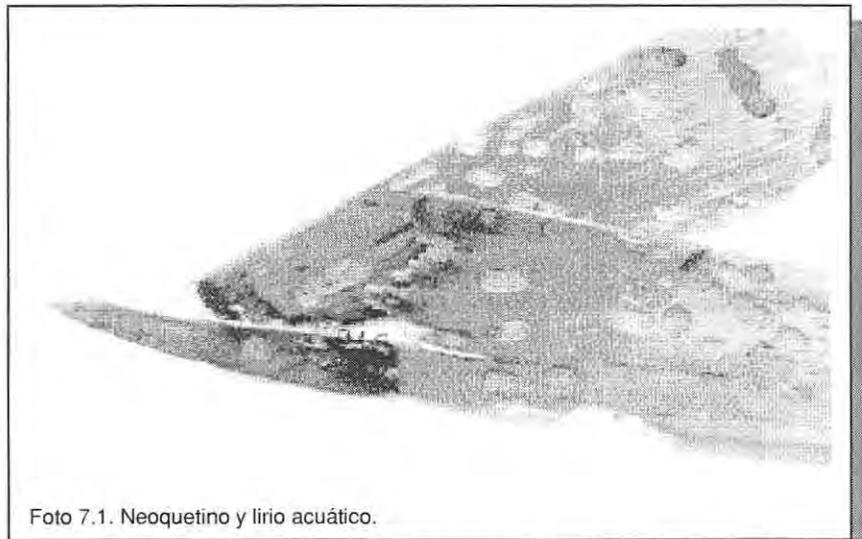


Foto 7.1. Neoquetino y lirio acuático.

Antes de liberar a los neoquetinos en campo, se realizaron varios experimentos; dos de ellos demostraron la eficiencia de los insectos como controladores de lirio acuático (foto 7.1); y otro más permitió saber que los insectos libres de patógenos consumen más lirio acuático y ovopositan durante mayor tiempo que los que están enfermos. Estas experiencias constituyeron las bases para iniciar las liberaciones en Sinaloa, primero de manera controlada y después con carácter extensivo en diferentes cuerpos de agua con problemas de lirio acuático dentro del área de influencia de los distritos de riego 010 y 074.

### 7.3 Materiales y métodos

Para evaluar los neoquetinos en el área de influencia de los distritos de riego 010 y 074, éstos fueron movilizados por vía aérea dentro de viales de plástico de 3 cm de diámetro por 8.5 cm de largo, mezclados con viruta de madera húmeda, dentro de una hielera. La movilización fue autorizada en su momento por Sanidad Vegetal.

Antes de realizar liberaciones abiertas en diversos embalses pertenecientes a estos distritos, se construyeron seis parcelas de 2X2 de PVC sanitario de 4 pulgadas, sobre superficies homogéneas cubiertas con lirio acuático dentro del dique Batamote, perteneciente al sistema Humaya del distrito de riego 010. Cuatro de las parcelas fueron cubiertas con malla (foto 7.2) pero solamente en dos se liberaron insectos de ambas especies (*Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*).



Foto 7.2. Presa infestada de Lirio acuático.

Las dos parcelas restantes sólo contuvieron un marco basal que indicaba la superficie del lirio en estudio. Las dos parcelas con insectos se consideraron *experimentales* y las cuatro sin insectos, *testigos*. Las evaluaciones de las parcelas se llevaron a cabo los días 1, 90, 201 y 320. En las parcelas *experimentales* se liberaron 36 parejas de neoquetinos sanos de ambas especies. Las parcelas *testigo* se mantuvieron sin insectos.

Para evaluar, tanto el crecimiento y desarrollo de los insectos, como el deterioro provocado por ellos sobre las plantas de lirio, durante las revisiones se tomaron al azar 15 plantas de cada una de las parcelas antes descritas.

De cada planta se midió la altura de la tercera hoja y se contó el número total de hojas por planta. Las 15 plantas de las parcelas *experimentales* se sometieron a un examen (lámina 7.1) más minucioso para detectar neoquetinos en sus fases de adulto, larva y pupa, y la cantidad de mordeduras de la tercera hoja.

Asimismo, en cada parcela se determinó por triplicado la densidad de hojas de lirio acuático en un cuadrante de 0.50 X 0.50 m (0.25 m<sup>2</sup>), representativo de toda la parcela. En la última determinación (día 320) se tomaron al azar cinco plantas de cada parcela para determinar en cada una de ellas la cantidad de biomasa viva y muerta.



Lámina 7.1. Evolución de los neoquetinos

En enero de 1995, poco después de haber iniciado el experimento en las parcelas controladas, se procedió a liberar abiertamente a los neoquetinos en aquellos cuerpos de agua que tuvieran una mayor infestación de lirio acuático. De enero de 1995 hasta agosto de 1996 se liberaron un total de 23,137 insectos, 8,612 de la especie *Neochetina bruchi* y 14,525 de *N. eichhorniae* en 41 puntos específicos, que corresponden a 18 cuerpos de agua, durante 6 jornadas de liberación.

Los parámetros que se evaluaron en la etapa de liberación abierta fueron los mismos que se seleccionaron para el experimento de las parcelas confinadas; sin embargo, se adicionaron otros como la determinación del peso y el número de plantas en 1 m<sup>2</sup>, y el ancho y largo de la tercera hoja de las plantas. Algunos de estos datos y la determinación de la superficie de cada embalse evaluado en las mismas fechas de los muestreos, permitió conocer el número total de plantas y su peso (biomasa) de los cuerpos de agua.

El crecimiento de los neoquetinos y el impacto paulatino que éstos provocaron sobre las plantas de lirio acuático, se determinaron mediante la extracción periódica durante aproximadamente tres años de 10 plantas al azar de dos embalses seleccionados: los diques Batamote e Hilda. No obstante, las observaciones se realizaron en todos los embalses donde fueron liberados los insectos.

## 7.4 Resultados y discusión

### 7.4.1 En superficie controlada

Después de 320 días, las parcelas donde fueron liberados los neoquetinos registraron una densidad de 6.3 neoquetinos/planta; esta densidad se considera "de control" porque con ella las plantas de lirio alcanzaron estados subletales y letales. Estas parcelas iniciaron con una densidad de 0.36; en las parcelas *experimentales* la población de larvas y pupas decreció porque la magnitud del daño de las plantas de lirio, dificultó su sobrevivencia. Con respecto a las larvas el registro anterior mostró 8.13 larvas/planta, mientras que en la última evaluación se detectaron 2.27 larvas/planta; con relación a las pupas, el registro anterior señaló 1.2 pupas/planta, mientras que en la última evaluación se registró 0.67 pupas/planta.

Los parámetros que valoran los daños de los neoquetinos sobre el lirio también ofrecieron resultados espectaculares, puesto que estos insectos menguaron severamente la capacidad de crecimen-

to de la maleza. Las mordeduras de la tercera hoja de las plantas de las parcelas *experimentales*, pasó de 16.26 hasta 460.5, considerando la primera y la última evaluación, respectivamente.

La altura de la tercera hoja de las plantas con neoquetinos registró un decremento del 15.94%, comparando la lectura inicial con la final, mientras que los promedios de las parcelas con malla pero sin insectos, y de las que no tienen malla ni insectos (*testigos*), mostraron incrementos del 66.1 y del 33.1%, respectivamente.



Foto 7.3 Parcela testigo



Foto 7.4 Parcela experimental

El número de hojas por planta de las parcelas donde se liberaron insectos observó un decremento del 20%, comparando la lectura inicial con la final, aunque también los promedios de las parcelas con malla pero sin insectos, y de las correspondientes a las que no tienen malla ni insectos (*testigos*), mostraron decrementos del 21.1 y del 12.9%, respectivamente.

Esta similitud aparente se debe a que todas las hojas de cada planta de la muestra representativa de las parcelas donde se tienen neoquetinos fueron contadas, a pesar de que algunas ya estaban con necrosis avanzada.

La densidad de hojas en una superficie representativa (0.25 m<sup>2</sup> dentro de la parcela de 4 m<sup>2</sup>) en la primera parcela donde se liberaron neoquetinos, registró un decremento del 41.6%, comparando la lectura inicial con la final. Aunque también los promedios de las parcelas con malla pero sin insectos, y de las correspondientes a las que no tienen malla ni insectos

(*testigos*), observaron disminuciones, éstas sólo fueron del 19.87 y del 17.58%, respectivamente. Las fotografías 7.3 y 7.4 muestran una de las parcelas testigo y una experimental, después de 320 días:

### 7.4.2 En superficies abiertas

Después de tres años de haber liberado los neoquetinos abiertamente, el lirio acuático se ha reducido drásticamente en el área de operación de los DR 010 y 074. Esto ha permitido mejorar la operación de la red hidroagrícola, como lo confirman los testimonios registrados en video de los productores de los Módulos de Riego; de los pescadores de las Cooperativas de las presas Adolfo López Mateos, Sinaloa y del dique Mariquita; de los Presidentes de las Sociedades de Responsabilidad Limitada, tanto del Humaya, como del sistema Culiacán; de los investigadores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa; y de los Responsables de los DR 010 y 074.

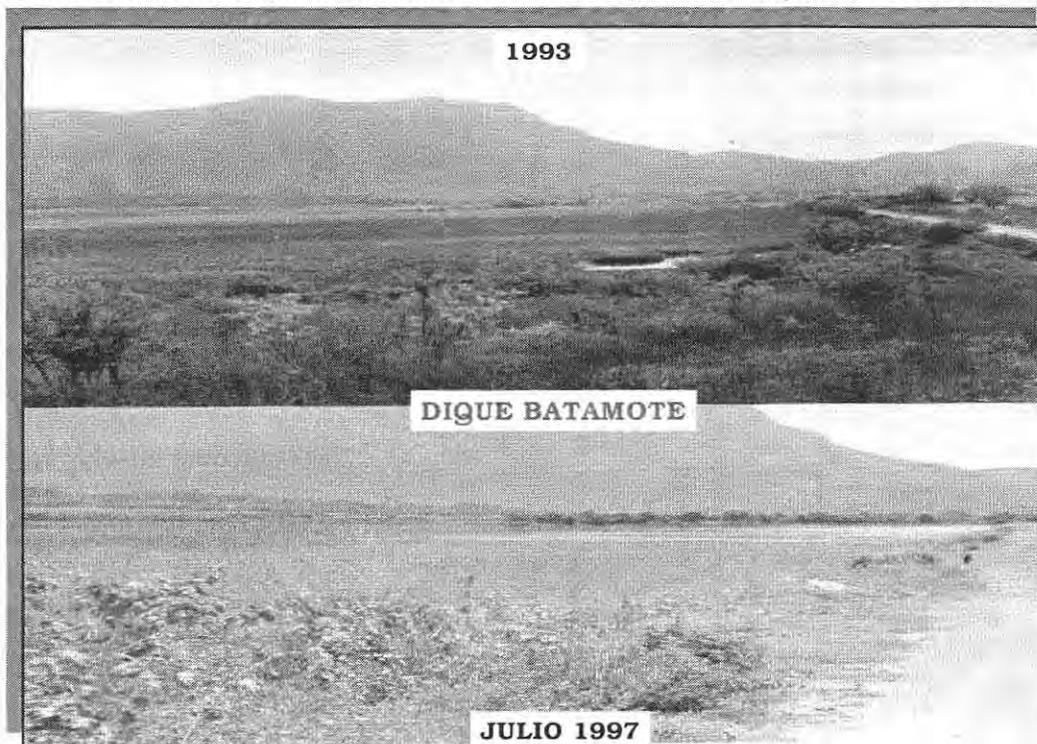


Foto 7.5 y 7.6. Resultados del control biológico

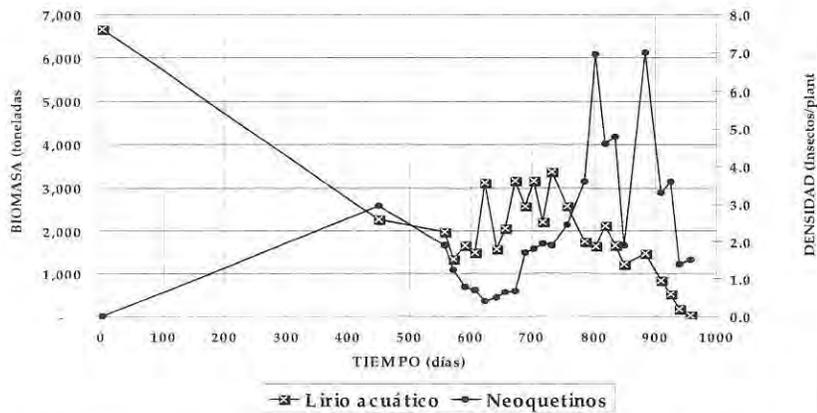
Entre enero de 1995 y 1997 se llevaron a cabo 43 muestreos de la expansión de los neoquetinos en los siguientes embalses: presas Sinaloa y Adolfo López Mateos; diques: Batamote, Arroyo Prieto, Hilda y Mariquita; desfogue del km 40+900 del Canal Principal Humaya (CPH); y derivadora Andrew Weiss. En todos los diques, la derivadora y el desfogue, se observa una dispersión generalizada de estos insectos. Todas las plantas presentan mordeduras de neoquetinos.

En los embalses seleccionados para efectuar un seguimiento puntual (diques Batamote e Hilda), la extracción aleatoria de plantas de lirio mostró, además de la expansión de los neoquetinos, el impacto que han provocado sobre esta maleza. La información generada en tres años fue sistematizada y analizada, mediante el empleo de la hoja de cálculo Excel de Microsoft Office'97.

Aunque al dique Mariquita se le da seguimiento para observar el impacto de los neoquetinos, su tamaño (492 ha) e irregularidad, impiden estimar la cantidad de biomasa de lirio acuático. Asimismo, en el dique Arroyo Prieto, donde no se programó muestreo, la reducción considerable de maleza por medio de neoquetinos hizo necesario tomarlo en cuenta recientemente.

En el dique Batamote de 134 ha, la cobertura del lirio acuático registró una disminución sustancial por el ataque de los neoquetinos. Del 95% del embalse registrado en octubre de 1994, se redujo al 2.0% (únicamente 2.6 ha) en diciembre de 1997. La biomasa total del dique Batamote se redujo de 46,603 toneladas, registradas en enero de 1995, antes de liberar a los neoquetinos, hasta menos de mil en diciembre de 1997. Las fotografías 7.5 y 7.6 muestran la situación antes y después de la liberación de los neoquetinos:

El crecimiento de los neoquetinos en este dique tuvo un comportamiento fluctuante. La densidad máxima de adultos fue de 7.30, en octubre de 1996; la de larvas fue de 3.48, en diciembre de 1996; y la de pupas de 1.67, en diciembre de 1997. La lámina 7.2 muestra la relación entre la biomasa en toneladas de lirio y el número de insectos adultos por cada planta de lirio en el dique Batamote (densidad):



El dique Hilda de 12 ha, con una cobertura de lirio acuático del 100% en mayo de 1995, disminuyó al 1% en marzo de 1998 (únicamente 0.12 ha), lo que representa una cantidad de biomasa aproximada de 30 toneladas de lirio. En la fecha de las liberaciones (mayo de 1995) este dique tenía 6,666 toneladas de esta maleza. La fotografía 7.7 destaca el proceso de control de maleza:

Lámina 7.2. Relación entre biomasa y número de insectos en el dique Batamote.

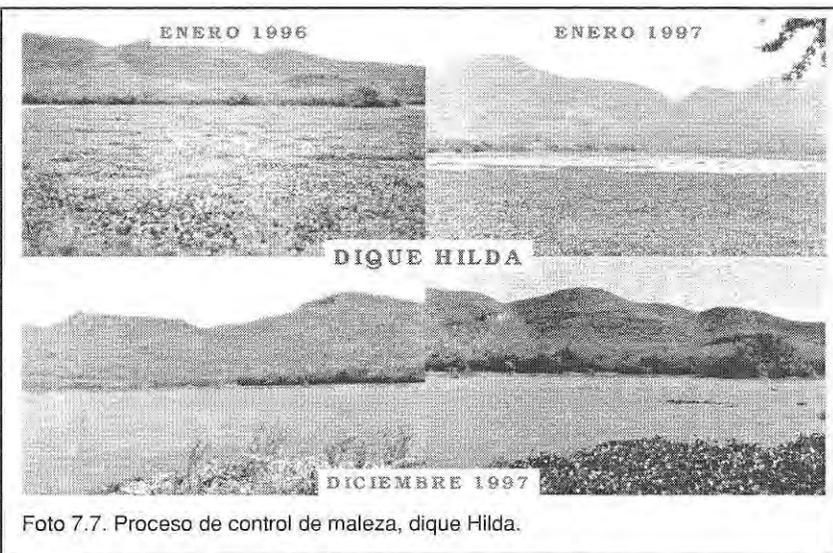


Foto 7.7. Proceso de control de maleza, dique Hilda.

El crecimiento de los neoquetinos en este dique, al igual que en el anterior, tuvo un comportamiento fluctuante. La densidad máxima de adultos fue de 6.95, en julio de 1997; la de larvas de 3.0, en junio de 1997; y la de pupas de 0.90, también en junio de 1997. La lámina 7.3 muestra cómo se relacionó la biomasa de lirio, en toneladas, con la densidad de neoquetinos adultos en el dique Hilda (densidad):

En otros diques, presas y canales de los DR 010 y 074, el control que han ejercido los

neoquetinos sobre el lirio es muy significativo. El dique Arroyo Prieto de 42.3 ha, tenía un 100% de infestación en mayo de 1995; en julio de 1997 estaba prácticamente limpio, y en la actualidad presenta sólo el 1%.

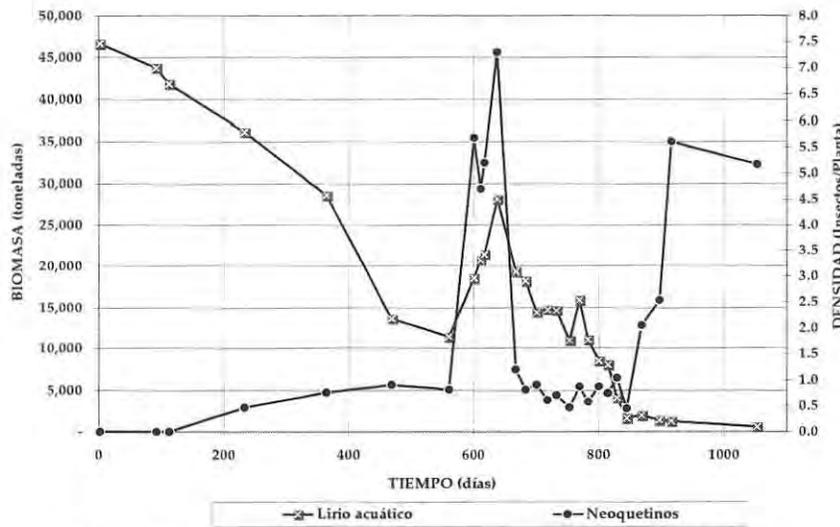


Lámina 7.3. Relación entre biomasa y número de insectos en el dique Hilda.

La fotografía 7.8 muestra esta evolución:

El dique Mariquita, el más grande del sistema Humaya con 492 ha de espejo de agua también se ha controlado con neoquetinos, sobre todo durante el segundo semestre de 1997 y el primer trimestre de 1998; actualmente se observa una superficie infestada aproximada de 98.4 ha (20%).

Otro de los cuerpos de agua que en 1993-94 representaba un serio problema corresponde a la derivadora Andrew Weiss del sistema Humaya con una superficie de 53 ha. En aquellos años se encontraba con una infestación de 15 ha (28.3%). En marzo de 1998 el espejo de este embalse estuvo completamente limpio (foto 7.9).



Foto 7.8. Proceso de control de maleza, dique Arroyo.

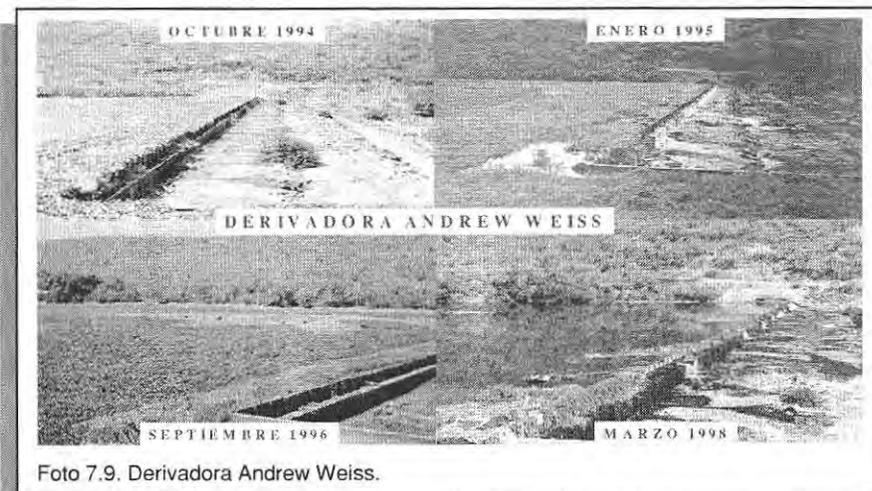


Foto 7.9. Derivadora Andrew Weiss.

En las presas Sinaloa y Adolfo López Mateos la presencia de los neoquetinos es generalizada.

Todas las plantas tienen mordeduras de estos insectos, además de que la mayoría de las plantas son pequeñas y no han producido flores por el ataque de los neoquetinos. En la Sinaloa la infestación de lirio es de aproximadamente 120 ha, y la totalidad de esta maleza se localiza a la entrada del vaso donde desemboca el río Tamazula.

En resumen, el cuadro 7.1 muestra cómo se han limpiado paulatinamente los principales cuerpos de agua de los DR 010 y 074, en Sinaloa.

Cuadro 7.1. Limpia de los principales cuerpos de agua de los DR 010 y 074, en Sinaloa.

EMBALSE	SUPERFICIE (ha)	INFESTACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (%)		
		Sin insectos	Con insectos	
		Octubre 1994	Enero 1997	Diciembre 1997
DIQUE BATAMOTE	134.0	100	65	2.00
DIQUE ARROYO PRIETO	42.3	100	100	1.00
DIQUE HILDA	12.1	100	70	1.00
DIQUE MARIQUITA	492.0	80	70	20.00
DERIVADORA ANDREW	53.0	100	60	0.00
PRESA ADOLFO LOPEZ M.	6,392.95	30	20	15.00
PRESA SINALONA	2,442.54	20	15	9.00

### 7.5 Conclusiones de la experiencia en Sinaloa

- Los neoquetinos han favorecido la operación de los canales y han permitido la recuperación del agua que antes se perdía por evapotranspiración principalmente en el ámbito de la red mayor.
- Los neoquetinos son efectivos para el control de lirio acuático y no provocan problemas con otras plantas de interés económico.
- La densidad de insectos necesaria para observar el control en cualquier cuerpo de agua cubierto con lirio acuático, es aproximadamente de seis neoquetinos adultos por cada planta de lirio acuático.
- La labor de los neoquetinos es complementada por la incidencia de hongos y en menor grado por el insecto *Cornops aquaticum* (chapulín).
- En embalses que no tienen mucho movimiento, como el dique Hilda, la permanencia de esta maleza se ve favorecida, aunque ya esté en condiciones de subletalidad. En cuanto existe movimiento del agua, el lirio se hunde inmediatamente. El ejemplo de esta situación lo constituye el dique Arroyo Prieto.
- Las estrategias más importantes que coadyuvaron al logro de estos resultados, son las siguientes: la conjunción de los aspectos de operación con la investigación durante la búsqueda de soluciones para el control de la maleza acuática, con lo que se respetan las actividades propias del riego agrícola y además se cubren los aspectos de investigación; la consulta con los productores para identificar sus principales problemas relacionados con la maleza acuática, y el trabajo directo con ellos durante todas las acciones emprendidas; en refuerzo a la investigación mediante la incorporación de universidades, centros e institutos locales y regionales; y la coordinación con la Comisión Nacional del Agua, particularmente con la Subgerencia de Conservación y con los distintos distritos de riego como instancias normativas en el manejo eficiente del agua.

## 8 CONTROL BIOLÓGICO DE LA MALEZA SUMERGIDA

### 8.1 *Problema de la maleza sumergida*

La hidrila (*Hydrilla verticillata*), el pasto estrella (*Zosterella dubia*), la cola de caballo (*Potamogeton sp.*), cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*) aunada a otras plantas sumergidas afectan seriamente la operación de los canales obstruyendo y dificultando la distribución del agua a los cultivos. Esto implica pérdidas directas para los productores al disminuir rendimientos y producción.

Las plantas acuáticas sumergidas prácticamente existen en cualquier cuerpo de agua y en la mayoría de los casos no se comportan como maleza, sin embargo, cuando se eliminan especies dominantes como el lirio acuático se puede ocasionar un crecimiento desmedido de las sumergidas y transformarse en maleza. Por ejemplo, en tan sólo dos años de haberse controlado el lirio, en el Módulo Santa Rosa del DR 075 Río Fuerte, la cola de mapache y cola de caballo que no representaban problema alguno, se ha convertido en maleza que obstruye canales y afecta su operación.

Especies que no existen en el país (plantas exóticas) pueden ser introducidas y convertirse en poco tiempo en maleza. Como sucedió con la hidrila, la planta sumergida más peligrosa a la que se enfrenta nuestro país, los distritos de riego en particular, a partir de la década de los setenta (Ylladdes y Pérez, 1974 en Díaz y Olvera 1984). Esta planta traída, seguramente, de EUA por algún mecanismo de dispersión de la propia planta o por actividades del hombre se presenta con certeza en Baja California, Tamaulipas y Nuevo León.

Dicha planta al ser introducida desplaza a las demás especies por tener ventajas fisiológicas (Ocampo, 1996 hace una revisión al respecto) y se convierte en un severo problema en muy pocos años.

En los distritos de riego las plantas acuáticas sumergidas se han venido presentando como problema por desconocimiento de su comportamiento y manejo. La primera y principal estrategia para combatir el problema de la maleza sumergida en los distritos de riego es prevenir la infestación de especies no existentes.

En los distritos normalmente no se le da importancia a las plantas y sólo se le toma en cuenta hasta el momento en que se convierte en un problema para la operación de los canales. De esa manera, la maleza sumergida una vez que se presenta como problema es combatida en forma periódica, con la desventaja de que cada año aumentan los costos de control y muy seguramente también su dispersión.

### 8.2 *Control de maleza sumergida con carpa herbívora*

Existen experiencias nacionales e internacionales de la eficacia del control biológico de la maleza sumergida con carpa herbívora (foto 8.1).

En particular, con el uso de la carpa herbívora triploide (se obtiene la triploidía y por ende su esterilidad al someter el huevo fecundado a una presión alta), en EUA (Valle Imperial) y en México (DR 014 Río Colorado) se ha empleado para desarrollar un programa permanente de control de hidrila exitoso desde 1976 y 1988 respectivamente.

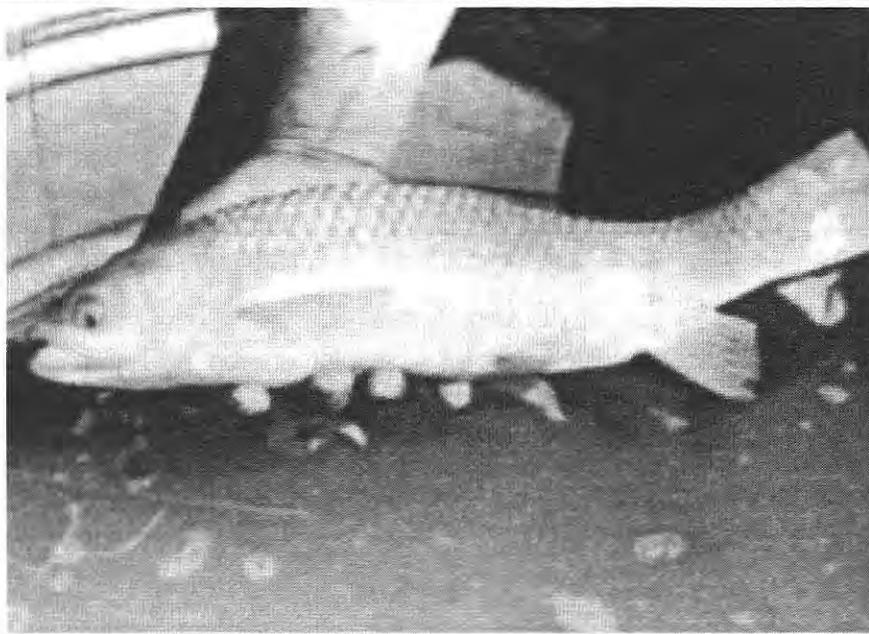


Foto 8.1 Carpa herbívora.

En Egipto, se tiene desde 1978 un programa también permanente de control de la maleza sumergida, cola de mapache principalmente.

En México, en particular en los distritos de riego, se hicieron algunas pruebas en el DR 025 en 1991, pero no es sino hasta 1993 que el IMTA participa conjuntamente con los distritos de riego a iniciativa de la Subgerencia de Conservación de la CNA, en este programa desarrollado en Tamaulipas se emplean carpas diploides

(potencialmente fértiles) por el hecho de que no se tiene registro confiable de que se reproduzca en forma natural. En Sinaloa se ha usado para el control de cola de mapache con buenos resultados.

En Veracruz, también se ha empleado la carpa herbívora en el ámbito demostrativo para controlar otra planta sumergida *Zosterella dubia* con resultados satisfactorios.

El uso de la carpa en canales infestados de hidrila ha permitido reducir el control mecánico y en ciertos tramos de canal, donde se mantiene la carpa, se ha mantenido limpio por más de 3 años.

Este resultado indica que el control biológico puede reducir los costos de control de maleza de 30 % en un primer año de aplicado el control, hasta 80 % al 3er año de su efecto en base a una buena supervisión y vigilancia.

El uso de la carpa herbívora en los distritos de riego tiene una gran proyección y puede ofrecer grandes beneficios en el ámbito local, regional y nacional.

Con base en la experiencia acumulada en los últimos cinco años se hacen las siguientes recomendaciones generales para el control de maleza sumergida con carpa herbívora.

### **8.3 Adquisición y traslado de carpa**

El Centro Acuícola de Tezontepec, Hidalgo es el centro reproductor de carpas especializado del país. Con el dominio de la técnica china se logra producir alrededor de dos millones de carpas al año que se distribuyen principalmente en el estado de crías en Hidalgo y la parte central del país para fines de producción de carne (foto 8.2).



Foto 8.2 Centro acuícola Tezontepec, Hgo.

El gobierno del Estado de Hidalgo y la Dirección General de Acuicultura a través del Centro Acuícola de Tezontepec, Hgo. han contribuido con donación de carpas para el programa de control de maleza sumergida en distritos de riego que coordina el IMTA desde 1993.

Estas crías se entregan en el Centro Acuícola de Tezontepec, Hgo. y son trasladadas por personal del distrito o módulo solicitante.

Las crías se mantienen sin alimento por un día para disminuir sus

excretas durante el viaje; se capturan y depositan en bolsas (foto 8.3) de plástico (60 X 90 calibre 200 o 250), con una cuarta parte llena de agua; se aplica oxígeno al agua (foto 8.4) y se infla la bolsa, se amarra de manera que no se escape el gas y se colocan en el vehículo.

Sobre las bolsas se aplica hielo, de preferencia escarchado, para disminuir y mantener a baja temperatura el agua durante el viaje y disminuir así la actividad del pez.

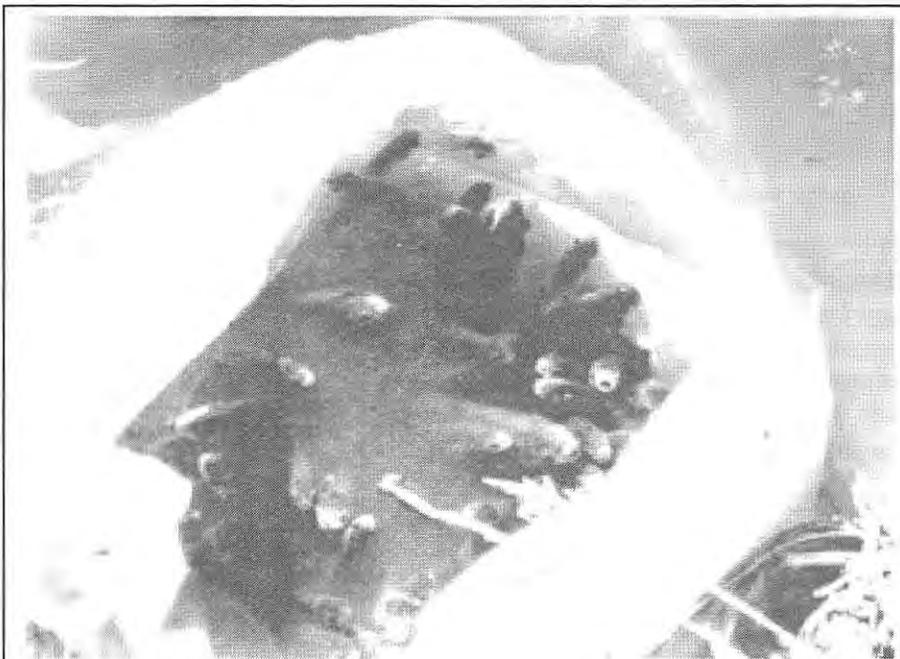


Foto 8.3. Traslado de crías.

A la camioneta de preferencia cerrada o cubierta con lona, para evitar la radiación solar directa, se le prepara la cama con un tablado de madera o con aserrín o arena para evitar el calentamiento y se coloca un tanque de oxígeno para aplicarlo a las bolsas que lo requieran o para cambiar de bolsa en el trayecto.

Se pueden movilizar hasta 30 bolsas en una camioneta pick up dependiendo de las condiciones y lo largo del viaje se pueden colocar de 1,000 a 2,000 crías por bolsa. Se han hecho traslados con duración hasta de 26 horas (Los Mochis, Sin). En general, la mortandad que se presenta es inferior al 8%.

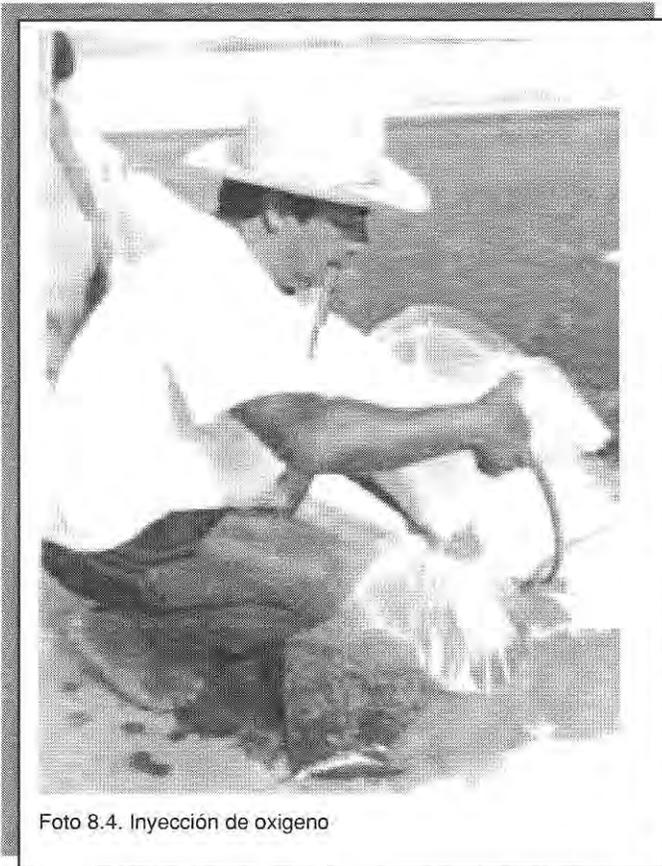


Foto 8.4. Inyección de oxígeno

disponible. Por eso, en la medida que sea factible ir fraccionando la población, colocar las de mayor talla en otros estanques para su rápido crecimiento (foto 8.6). De esta manera hacer siembra de carpas de 20 a 30 cm.

Existen además, otros dos centros reproductores de carpa que podrían eventualmente apoyar este programa, Valle de Guadiana, Durango y el Peaje, San Luis Potosí. También se estudia y promueve que centros piscícolas de la región produzcan la carpa herbívora para el programa.

#### **8.4 Crecimiento de crías en estanque**

Existe el apoyo de centros piscícolas cercanos a los distritos de riego atendidos (foto 8.5). En Sinaloa, el Varejonal y en Tamaulipas, el Vicente Guerrero.

En el estanque o los estanques disponibles es importante contar con alimentación diaria y espacio suficiente. El alimento puede ser a base de plantas sumergidas (Najas o Chara), alfalfa u otros cultivos picados para que puedan ser consumidos con facilidad por la cría.

Es muy variable el tiempo requerido para alcanzar tallas mayores a 15 cm dependiendo del espacio y alimento



Foto 8.5 Cría en estanque

### 8.5 Crecimiento de crías en canales

Cuando no sea posible disponer de estanques hay que preparar tramos de canal (foto 8.7), tipo D



Foto 8.6. Crecimiento en estanques

(menor a 2 m de base y menor a 1.2 m de tirante) donde el tirante sea controlable, exista vegetación sumergida (de preferencia Najas y Chara), que no contengan depredadores naturales evidentes, que sean de fácil acceso y que cuente con vigilancia permanente.

Revisar periódicamente su desarrollo y cuando las carpas alcancen tallas de 15 cm pescarlas y sembrarlas en los canales definitivos o quitar las redes de confinamiento para que por sí misma

vayan cubriendo mayor tramo de canal en una especie de pastoreo.

A pesar de que aún se esta estudiando esta nueva tecnología, del manejo de la carpa para el control de la maleza, los resultados iniciales han sido satisfactorios y halagüenos. Se ha observado crecimiento incluso más acelerados que en estanques. No se ha evaluado aún la supervivencia pero se espera que sea igual o mayor que el obtenido en los estanques bajo condiciones irregulares de atención y alimento (10 %)

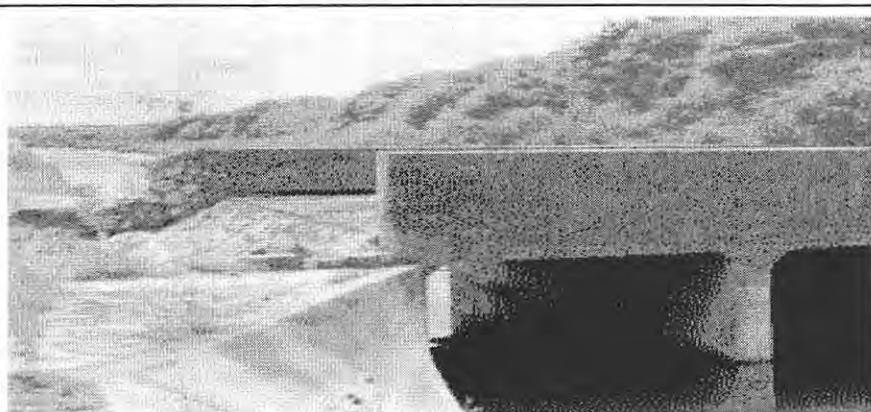


Foto 8.7. Canales finales

## 8.6 Selección de canales

Una vez resuelto el problema del manejo de la carpa para alcanzar tallas de siembra, es indispensable un adecuado análisis del problema de la infestación de todo el distrito o sistema para definir la fuente de infestación y su distribución por toda la red de canales del módulo o distrito, según sea el caso. De esta manera hay que dar prioridad a los canales y los tramos de mayor infestación para iniciar las siembras. Dar preferencia a la siembra aguas arriba en los canales principales para concluir en los ramales. Sin embargo, si la población de carpa es insuficiente puede atacarse los tramos de canal con mayores problemas y de mayor impacto en la operación de los canales.

## 8.7 Evaluación de la infestación de planta sumergida

Con una estructura metálica de un  $m^2$ , (foto 8.8) que se hunda, se hacen muestreos en varios puntos representativos del canal para conocer la densidad de planta promedio. Se extrae toda la planta que se encuentre dentro del cuadrado y después de 5 min (para dejar que escurra el agua) se pesa y se determina la densidad con peso húmedo ( $kg/m^2$ ).

En un canal no todo su perímetro mojado está cubierto de maleza. Es importante determinar la cobertura en porcentaje y superficie para conocer la biomasa total del canal multiplicando densidad por superficie infestada.

Es importante además tener un registro de las densidades durante un año para establecer los periodos críticos y aquéllos que permitan mayor efectividad tanto del control mecánico como del biológico. Este estudio se puede hacer con muestreos en un tramo de canal representativo cada 15 o 30 días, según se dispare el crecimiento de la maleza.

## 8.8 Colocación de redes.

Una vez seleccionados los tramos de canal por controlar, se establecen redes en las tomas granja para evitar la pérdida de la población de carpa y asegurar un mejor control. En estos canales ya no son importantes las redes de confinamiento en las represas, las carpas pueden ir y venir libremente a lo largo de los ramales. Sin embargo, es conveniente tener tramos experimentales bien confinados para determinar mejor las densidades de siembra de carpa y tener áreas de demostración del control biológico (foto 8.9).



Foto 8.8. Estructura metálica para muestreo de maleza sumergida



Foto 8.9. Redes para evitar la pérdida de la carpa.

### 8.9 Siembra de carpa

De los estanques o los canales, que hacen las veces de estanque, se extraen las carpas de mayores tallas, mayores a 15 cm y se trasladan a los canales seleccionados.

Cuando se tiene un control mecánico previo la densidad de siembra deberá ser de 15 a 30 kg/ha dependiendo de la eficiencia de la extracción previa y de la planta que se trate. La planta más estudiada en el control biológico, con carpa es la hidrila, con 15 kg de carpa es suficiente e incluso podría ser aún menor.

Cuando no se realiza control mecánico previo, es necesario valorar primero la densidad de maleza existente y si ésta permite la operación por tres meses más, se puede sembrar de 40 a 60 kg/ha.

Existen muchas variaciones dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de planta de que se trate, por ello es importante que se continúe en forma permanente y sistemática los estudios e investigaciones sobre el comportamiento de las diferentes especies de plantas y de su interacción con la carpa herbívora.

### 8.10 Seguimiento de la densidad de maleza

Para conocer la eficiencia de la carpa es conveniente registrar la densidad inicial de maleza al momento de la siembra, posteriormente, cada mes para corroborar si la carpa ha impedido el crecimiento de la maleza e incluso si ha reducido la infestación.

A pesar de que se logre el control es necesario continuar con evaluaciones periódicas. Debe aumentarse la población de carpa al detectarse aumento en la densidad de maleza. Cuando la densidad ha sido la adecuada y se ha evitado su emigración o su pesca puede evitarse el control mecánico y la resiembra por más de dos años.

### 8.11 Vigilancia

Para evitar o por lo menos reducir la pesca furtiva es importante contar con un sistema de vigilancia que impida la captura de carpa por lo menos hasta que cumplan su función durante los dos primeros años.

De existir un programa definido de siembras y de producción, incluso de carne, es factible permitir una pesca regulada para motivar a la población, a que colabore con el programa. Permitir la pesca después de 2 años o cuando las carpas tengan más de 4 kg de peso. Esto, a través de concursos o de su pesca libre, como sea factible organizarlo.

## **Limitantes**

Podría decirse que no se tienen limitantes serias para poder emplear la carpa herbívora como controlador biológico de maleza sumergida.

En EUA, se tienen restricciones legales para su uso permitiendo sólo el empleo de la carpa triploide. Estas disposiciones se establecieron para prevenir una sobrepoblación de carpa que afecte el hábitat y la producción de la lobina, especie predilecta para la pesca.

En México, no se tienen estas prohibiciones, máxime que, en nuestro país, no se ha logrado reproducir en forma natural esta especie. No solamente no tenemos sobrepoblación, sino que inclusive hay que implementar un sistema de vigilancia para evitar su pesca.

Por otro lado, el lograr su triploidía encarece la carpa, tan sólo en 1993 cuando se discutía esa posibilidad, se cotizaba a 3.50 dólares por organismo con una talla de 8 a 11 pulgadas.

Las condiciones ambientales no son limitantes para este programa ya que las carpas tienen un amplio rango de tolerancia y se puede aplicar en todos los distritos del país.

La pesca es, seguramente, el factor que puede hacer fracasar el programa. Es indispensable vigilar, en primera instancia, y en segunda, sensibilizar a la población para hacerla participe del mismo.

## **8.12 Recomendaciones**

### **Interacción institucional**

La integración de diferentes centros educativos y de desarrollo como la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la Universidad Autónoma de Sinaloa y los Centros Acuícolas de Tezontepec, Hgo., El Varejonal, Sin. y la Vicente Guerrero, Tam. representa una estrategia fundamental para el equipo que se ha venido conformando alrededor del IMTA y de la Subgerencia de Conservación de la CNA para atender la problemática que representa la maleza acuática, sumergida en este caso, en algunos Distritos y Módulos de Riego del país. Esta integración debe fortalecerse en el ámbito local, regional y nacional para lograr resultados expeditos y de mayor alcance y cobertura.

Cabe señalar que esta integración de equipo de trabajo permite a los productores beneficios económicos y productivos y a las instituciones cumplir con su labor de apoyo, asesoría de investigación, de validación o transferencia de tecnología, según sea el caso.

### **Divulgación**

Resulta importante invertir en un programa de comunicación que incluya audiovisuales, carteles, trípticos, anuncios de radio y televisión, reuniones en centros educativos y de las diferentes asociaciones para contar con el apoyo de la población para desarrollar el programa de control de maleza con carpa herbívora.

Difundir los resultados del uso de la carpa y sus beneficios permitirá una mayor colaboración de la población.

## **Investigación**

El control biológico de la maleza sumergida con carpa herbívora si bien representa ya una opción clara en el control integral de la maleza requiere de una labor permanente de estudio e investigación, para mejorar tanto la metodología de su empleo como los beneficios que conlleva. Por eso es fundamental que los beneficiarios aporten recursos para su desarrollo, teniendo en cuenta que la investigación les resultará redituable.

Actualmente, el IMTA realiza una investigación sobre diferentes especies de maleza y de la carpa herbívora con la finalidad de mejorar la tecnología y reducir los costos de su aplicación. Se cuenta con avances en el estudio del manejo de la carpa en estanques y canales desde su estadio de cría, en el crecimiento de las diferentes plantas problema y en el crecimiento de la carpa en diferentes estados del país, en el consumo y corte de las plantas por carpa (existe un avance sustancial en la relación hidrila-carpa).

En estos estudios e investigaciones también han contribuido la Universidad Autónoma de Tamaulipas y la Universidad Autónoma de Sinaloa, desde 1994 y 1996 respectivamente.

## **Prevención del problema**

No obstante que es fundamental establecer programas de control biológico de la maleza en los distritos, que cuentan con el problema, es imprescindible tomar medidas para prevenir la infestación en aquellos distritos donde no se presenta.

De esta manera, la primera y principal estrategia para combatir el problema de la maleza sumergida en los distritos de riego, es prevenir la infestación de especies no existentes, en primera instancia de las plantas exóticas, como la hidrila.

### **Como medidas de previsión se aconseja.**

- No trasladar plantas sumergidas de un cuerpo de agua a otro.
- Cuando se pesque con redes u otras artes de pesca limpiarlas perfectamente antes de usarlas en otros cuerpos de agua.
- Cuidar que la gente que se dedica a la pesca y la caza en forma organizada, sobre todo la que provenga de EUA no traiga consigo plantas acuáticas en sus equipos y vehículos.
- Tener cuidado de limpiar los equipos y maquinarias empleadas en el control de la maleza para evitar su dispersión por esa vía.
- Vigilar la actividad de los acuaristas que emplean diferentes especies como adorno de los acuarios y alimentos de sus peces.
- Establecer un inventario de las especies de plantas acuáticas que existan en cada lugar para hacer una conservación que evite su crecimiento explosivo. De igual manera, su conocimiento permitirá detectar a tiempo la presencia de nuevas plantas.
- En los distritos debe existir un área que se encargue de llevar a cabo este programa de prevención y control de maleza.

Un programa de comunicación dirigido a la población en general es importante para hacerle de su conocimiento de estas previsiones y de la necesidad de su colaboración dentro del programa del manejo de la maleza acuática.

### **8.13 Experiencia del control de la hidrila (*Hydrilla verticillata*) en el DR 086 Soto la Marina Tamaulipas**

La hidrila es una planta sumergida que se introdujo al país a finales de la década de los setenta afectando al distrito a finales de los 80's. Esta planta representa un gran problema para la operación de los sistemas de riego de Tamaulipas. De no tomarse las medidas pertinentes esta planta se propagará a lo largo del país.

En el distrito de riego DR 086 Soto la Marina, Tam., la hidrila por sus variantes reproductivas (vegetativas principalmente) y por su agresividad, en escasos tres años afectó gran parte de la red de canales. En 1993 cubrió 205 km de canales, afectando seriamente la conducción y distribución del agua como lo muestra la foto 8.10.



Foto 8.10. Efectos de la hidrila en canales.

El control mecánico (foto 8.11) además de sus altos costos favoreció el desarrollo y propagación de la maleza.

A través de un proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica la CNA y el IMTA conjuntamente con productores iniciaron un programa para su control biológico, con carpa herbívora (*Ctenopharygodon idella*) en 1993.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Formación de equipo.- Además de la participación directa de técnicos y productores de los distritos de riego se cuenta con el apoyo de personal de centros piscícolas y de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.



Foto 8.11. Control mecánico

Investigación y validación. Los trabajos de investigación y validación se desarrollan en el propio distrito bajo sus condiciones específicas de operación. Se han tenido avances importantes a pesar de las numerosas variables y factores que intervienen, y que no pueden manejarse libremente. Se han validado recomendaciones técnicas y generado otras, definiéndose líneas de investigación permanentes para mejorar el manejo integral de la maleza.

**Transferencia tecnológica.-** Dentro del mismo proceso de investigación y validación participan directamente técnicos y usuarios de los distritos. Esto permite una adopción de tecnología al mismo tiempo que se planifican, desarrollan y obtienen resultados de los trabajos experimentales realizados en el distrito.

Los resultados se ponen a discusión permanente con los técnicos y productores participantes y finalmente ante los productores y población en general a través de presentaciones específicas. Estas últimas apoyadas de una estrategia de comunicación que ha generado el IMTA por medio de audiovisuales.

**Aplicación del programa.-** A la par del proceso de investigación el distrito desarrolla el programa de siembra de carpa anualmente con el fin de reducir las infestaciones de maleza en un primer momento y posteriormente para mantener bajo control la densidad de plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este problema de la hidrila en los distritos de riego de Tamaulipas, del DR 086 en especial, generó la formación de un equipo de trabajo que se ha consolidado. Participan, desde luego, los que padecen directamente el problema (autoridades, técnicos y productores de los distritos y módulos de riego); el Centro Acuícola de Tezontepec, Hidalgo que dona la carpa, el Centro Acuícola Vicente Guerrero, Tam. que apoya en el mantenimiento y crecimiento de la carpa y la Universidad Autónoma de Tamaulipas, que realiza estudios para mejorar el conocimiento y aplicación de la metodología. Así, el IMTA avanza en la idea de integrar un equipo regional que atienda el problema de la infestación de hidrila en particular y de la maleza acuática en general.

El desarrollo y la infestación de la hidrila tiene un comportamiento muy acelerado ya que en sólo 4 años alcanzó a cubrir 205 km distribuyéndose prácticamente por toda la red de canales y alcanzando grandes densidades de hidrila (foto 8.12).



Foto 8.12 Desarrollo e infestación de hidrila.

La infestación ha venido disminuyendo desde la aplicación del programa de control biológico. En septiembre de 1993 se estableció el canal experimental (4 km del canal principal margen derecha). Con la extracción mecánica denominada "cadeneo" se extrajo el 98 % de la hidrila y con la siembra de 17 kg de carpa/km (empleando carpas de 710 g) se eliminó el resto de hidrila en menos de dos meses.

La carpa en ese tramo experimental se vio protegida por un sifón y sin haber resiembra de carpa no se presentó rebrote de hidrila sino hasta finales de 1997. Este control permitió una mejor operación del canal y un ahorro de alrededor de \$ 4,000.00 /km/año. como se aprecia en la foto 8.13 del canal limpio.

Bajo esta experiencia, desde 1993 se han realizado siembras anuales con carpas de diferentes tallas, de acuerdo a su disponibilidad y manejo.

Las crías de 1 a 3 cm pasan por un periodo de crecimiento en estanques en el Centro Acuícola Vicente Guerrero, Tam. obteniendo una sobrevivencia inferior al 10 % anual, debido entre otras razones a la limitante de espacio y la disponibilidad de alimento.



Foto 8.13 Canal limpio

Utilizando algunas crías para la limpieza de los estanques del centro, se logra su crecimiento acelerado. De esta manera, se dispone periódicamente, desde hace un año, con carpas de tallas de 30 hasta 90 cm. Así las siembras, en los últimos años, han sido más selectivas y con densidades más altas. (foto 8.14 y cuadro 8.1).



Foto 8.14. Crías para la limpieza de estanques

Cuadro 8.1. Siembras de carpa en el DR 086

AÑO	LONG (km)	SUPERFICIE (ha)	CARPAS (Nb)	PESOTOTAL (kg)	DENSOCARPA (kg/km)
1993	4.2	4.2	99	70	16.7
1994	51.9	35.4	3264	669	129
1995	25.5	25.4	7127	515	20.2
1996	22.8	25.2	460	1,085	47.6
1997	19.9	19.2	357	1,071	53.8
1998	10.0	7.5	193	417	41.7

Fuente: DR 086 Soto la Marina, CNA

realizando siembras selectivas con carpa grande.

En cuanto a los beneficios, se puede afirmar que el control biológico tiene un fuerte impacto en la reducción de los costos de control (cuadro 8.2).

Si se hubiese continuado el control exclusivamente mecánico de 1993 a 1998 su costo se hubiese incrementado un 75%. Sin embargo, al emplear el control biológico las densidades de hidrila disminuyeron, reduciendo las necesidades y costos del control mecánico. Se puede hablar de un ahorro del 82 % en el presupuesto de conservación.

El control biológico permite además mejorar la operación, entregar volúmenes de agua con suficiencia y oportunidad y aumentar la producción en el área de riego.

El canal principal margen derecho con carpa herbívora se mantuvo sin problema de hidrila de 1994 a 1997. Actualmente, ya sin carpa, los usuarios responsables de ese canal, se encuentran en la necesidad de realizar el control mecánico por no haberle dado continuidad al programa de control biológico.

En el canal principal margen izquierdo las densidades de hidrila llegaron a alcanzar 15 kg/m<sup>2</sup>. Con la siembra sistemática de carpa se ha venido reduciendo paulatinamente el control mecánico y las densidades de hidrila. Desde 1998 se ha evitado el control mecánico y la densidad de hidrila se mantiene por debajo de 1 kg/m<sup>2</sup>

En este distrito se continúa con el programa de control biológico

Cuadro 8.2. Costos de control

AÑO	MECÁNICO	MEC (biol)	BIOLÓGICO
1993	1,917	1,917	968
1994	2,205	1,505	235
1995	2,535	1,085	286
1996	2,916	652	439
1997	3,353	585	444

Nota: El mecánico es una proyección calculando un incremento anual del 15 %

En este periodo inicial del control biológico, en el distrito se dio la transferencia de los módulos y, por lo tanto, de la responsabilidad de su conservación a los usuarios. Esto dificultó que los productores asimilaran el nuevo método de control y valo-

rarán realmente sus ventajas. Por lo que está pendiente un proceso de divulgación de los beneficios del uso de la carpa.

No obstante los beneficios que se han obtenido se requiere mejorar tanto la metodología como la estrategia para aplicar el programa. Es fundamental que tanto las autoridades como los técnicos y productores le den mayor importancia e impulso a este programa. Si se le da un presupuesto definido es muy probable que se obtengan mejores y mayores resultados.

## CONCLUSIÓN

En el DR 086 Soto la Marina, Tamaulipas, bajo un proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica se desarrolla un programa de control biológico de la hidrila desde 1993.

Se ha demostrado que es factible mantener bajo control a la hidrila empleando la carpa herbívora.

Los resultados obtenidos por el control biológico permiten ahorros económicos hasta del 82 % en el control de la hidrila.

Con los recursos necesarios y el impulso adecuado la infestación de hidrila puede llegarse a reducir y controlar sin que perjudique la operación.

Se conformó y existe un equipo de trabajo que contribuye a desarrollar el programa de control biológico

Se tiene numerosas líneas de investigación que se estudian en forma permanente para ir mejorando el conocimiento y la tecnología del control biológico de la hidrila.

## 9 CONTROL INTEGRAL DE LA MALEZA ACUÁTICA

### 9.1 Introducción

Para combatir la maleza se utilizan diferentes métodos de control como: el mecánico, el manual, el químico, el biológico, el cultural y la combinación e integración de los mismos. Los métodos tradicionales más utilizados han sido el mecánico y el manual, no obstante el uso de herbicidas se ha incrementado en los últimos cinco años por ser más efectivo, rápido y económico que los tradicionales, ello ha ocasionado otro tipo de problemas colaterales como: selección de especies, resistencia a los herbicidas y la contaminación de acuíferos y cuerpos de agua.

El presente documento se enfoca al análisis de las aplicaciones, ventajas y desventajas de cada uno de los métodos, alternativas y estrategias utilizados en el combate de la maleza, desde el punto de vista de eficiencia, duración, costos y sobre todo, seguridad para el ambiente, dentro de un sistema agrícola sostenible.

### 9.2 Objetivos

Conocer la importancia, los conceptos, la metodología, técnicas y herramientas que se aplican cuando se pretende realizar el manejo integrado de la maleza acuática, así como analizar y discutir la eficiencia, costos y seguridad al ambiente de un caso de estudio: el primer programa de control integral de la maleza a nivel distrito realizado en el DR 041 "Río Yaqui" en Sonora.

### Terminología relativa al manejo integrado de la maleza acuática

#### 9.3 Conceptos generales

Manejo integrado de la maleza acuática. Es la selección, integración e implantación de la protección a los sistemas acuáticos en contra del desarrollo de la vegetación nociva, basado en consecuencias económicas, ecológicas y sociales anticipadas, derivadas de una serie de principios y medidas. El objetivo del manejo integrado es explotar al máximo el control natural y en caso estrictamente necesario el artificial, dentro del programa o estrategia de control interdisciplinaria o integral.

El punto de partida del control integral es el conocimiento de la biología, hábitos y factores que limitan o propician el crecimiento y desarrollo de una especie. Porque cabe mencionarse que el origen de un problema es multivariado, por lo tanto la solución también lo es.

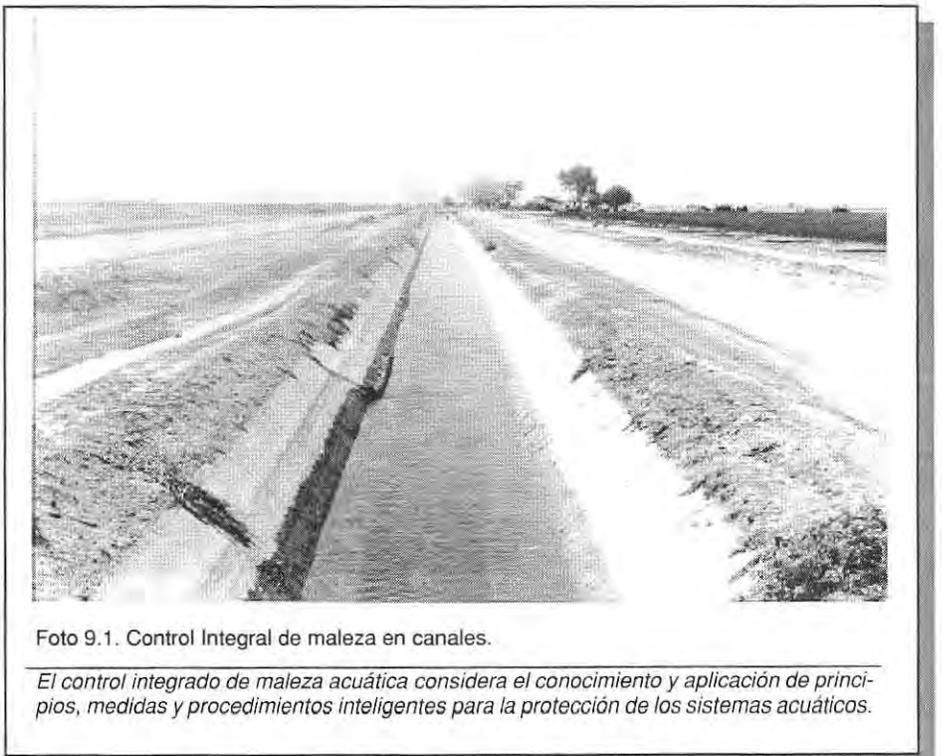


Foto 9.1. Control Integral de maleza en canales.

*El control integrado de maleza acuática considera el conocimiento y aplicación de principios, medidas y procedimientos inteligentes para la protección de los sistemas acuáticos.*

### 9.3.1 Principios, medidas y procedimientos del Manejo integrado de la maleza acuática

Principios del Manejo integrado de la maleza acuática.

- La maleza puede ser tolerable a ciertos niveles de infestación.
- El ecosistema debe ser manejado como una unidad.
- Saneamiento y manejo a nivel de cuenca hidrológica.
- Utilizar al máximo el control natural.
- Cualquier método de control puede producir efectos inesperados e indeseables.
- Aplicación de procedimientos multidisciplinarios.
- Lo más importante es la búsqueda de la sustentabilidad de los sistemas de producción.

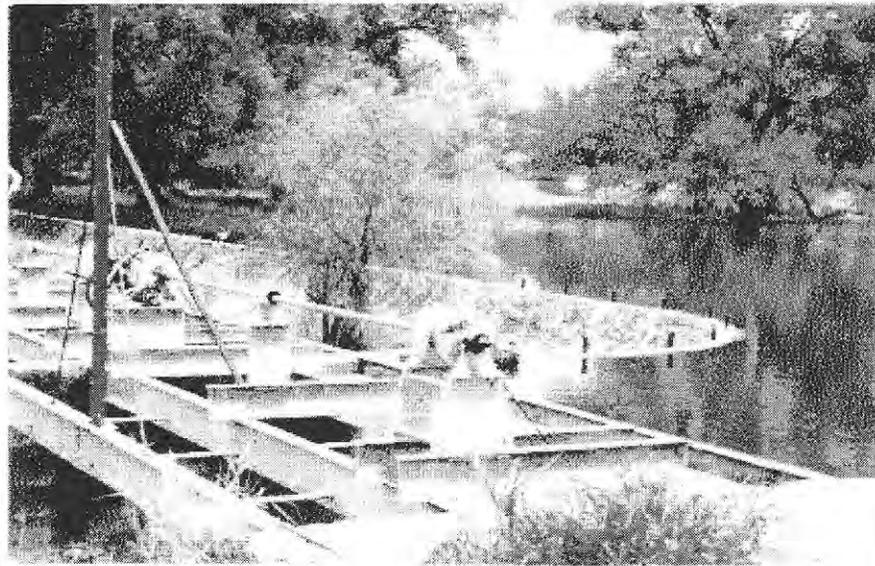


Foto 9.2. Control natural de maleza.

*El control integral se basa en favorecer el control natural con consecuencias económicas y ecológicas favorables.*

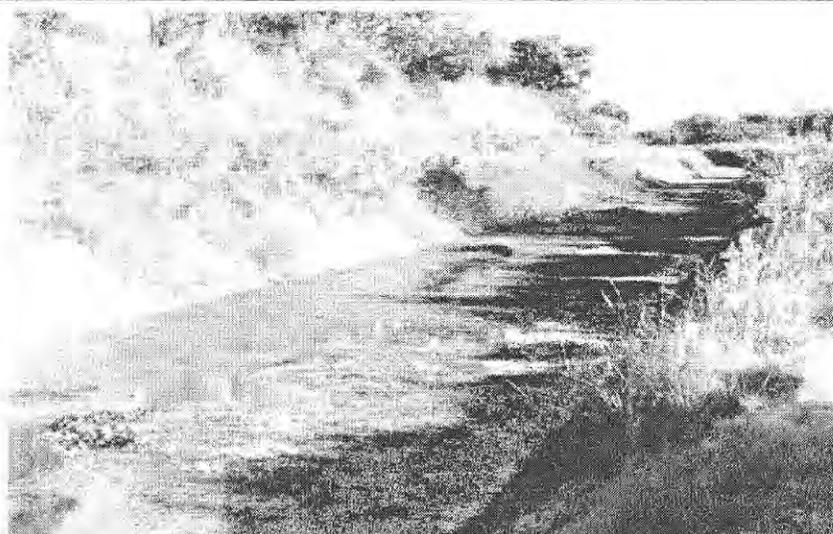


Foto 9.3. Canal infestado en Tamaulipas.

*El ecosistema debe manejarse como unidad y para la solución de problemas multivariados de maleza es la selección y aplicación de medidas multidisciplinarias, compatibles e integrales.*

Medidas y procedimientos del Manejo integrado de la maleza acuática.

- Cada caso es diferente y no hay soluciones universales.
- Identificación de la o las especies problema y las causas que las favorecen o limitan.
- Evaluación de la problemática. Infestación, daños, y umbral económico.
- Reducción de la posición general del equilibrio.
- Aplicación de alternativas seguras al ambiente, situaciones emergentes.
- Mejoramiento de las técnicas de evaluación seguimiento y monitoreo

- Establecimiento de un programa de mantenimiento a las áreas saneadas.
- Toda actividad o técnica empleada.

### 9.3.2 Análisis de los aspectos nocivos y benéficos de la maleza acuática



Foto 9.4. Dren "Esperancita" en el distrito de riego 041.

*Cada caso es diferente y no hay soluciones universales. Este dren infestado por lirio en el distrito de riego 041 "Río Yaqui", Sonora.*

Los principales daños de la maleza acuática son a la población en general y por supuesto a la infraestructura hidroagrícola.

*Problemas ocasionados por la presencia de maleza en canales y drenes.*

- Obstruye el flujo y limita la distribución del riego.
- Causan filtraciones y desmoronamiento bordos.
- Dañan estructuras.
- Atascan emparrillados, sifones, válvulas y aspersores.
- Pérdidas de agua (evapora mayor cantidad de agua)

- Son reservorios de plagas y enfermedades.
- Acumulación de sedimentos y materiales acarreados por aire.
- Limita la aplicación de insumos vía agua de riego.
- Impiden el flujo libre del agua drenada.
- Favorecen la salinidad de los terrenos.

*Aspectos benéficos de la presencia de maleza en canales y drenes.*

- Evitan la erosión.
- Dan estabilidad a los taludes.
- Absorben y degradan sustancias tóxicas.
- Oxigenan el agua y proporcionan alimento a peces.



Foto 9.5. La maleza evita erosión de taludes.

*También hay que considerar los aspectos benéficos de la maleza. En cierta densidad y altura la maleza es benéfica para dar estabilidad a los taludes.*



Foto 9.6. Extracción de tule en Guasave Sin.

*Antes de combatir una especie de maleza es necesario definir los tipos de daño que ocasiona a la infraestructura.*

- Reservorio de organismos benéficos.
- Alimentación al ganado.
- Otro tipo de usos.

#### **9.4 Control de la maleza acuática**

##### **9.4.1 Control mecánico**

Es el método más utilizado en los distritos de riego y considera el empleo de diferentes equipos y tipos de maquinaria.

- Equipo pesado y mediano. Este tipo de maquinaria se utiliza para la ex-

tracción de azolve y maleza acuática y terrestre. En este grupo se encuentran las dragas y las excavadoras. Este tipo de maquinaria permite la remoción y extracción de materiales como el azolve incluyendo la maleza de todo tipo.

- Equipo ligero. Es un equipo muy versátil, adaptable a un tractor agrícola de 90 y 120 HP y puede realizar diferentes tipo de labores: extracción, corte y arrancado de la maleza acuática y terrestre.

- Triturador y cosechadora de lirio acuático. Es un tipo de maquinaria con motor de 220 HP, cuentan con un sistema de flotación de cámaras de aire y la propulsión mediante un conjunto de propelas. En el caso del cosechador cuenta con una barra de arrastre y empuja al lirio sobre una banda extractora de las plantas de lirio. En algunos casos las cosechadoras compactan el material y es enviado a la superficie en forma de pacas de material vegetal.



Foto 9.7. El equipo pesado se utiliza en la extracción de maleza y azolve de canales y drenes.

- Cadenéo y extracción de maleza sumergida. Es un procedimiento muy común para aliviar los efectos críticos del rápido crecimiento de la maleza sumergida. El equipo utilizado consta de una cadena metálica de gran peso que es arrastrada por la sección de los canales o drenes por dos unidades motrices, pueden ser tractores o camiones, los eslabones de la cadena pueden llegar a pesar hasta 20 kg cada uno. La maleza arrancada se acumula en redes metálicas, represas o compuertas de donde es



Foto 9.8. El equipo ligero es más versátil y económico que el equipo pesado, pero no suplente a este último.

extraída utilizando el cucharón de una excavadora o draga. Desgraciadamente esto es muy costoso y se requiere hacerlo al menos dos veces por año.

- Equipo especializado. Existe otro tipo de equipo muy variado que se utiliza para maniobras y actividades especializadas dentro del control de la maleza acuática como son: dragas anfibia y marinas, bombas de succión, lanchas de corte, taludadoras y emparejadoras, etc.



Foto 9.9. Triturador del lirio conocido como "Retador".

Triturador del lirio acuático en el Dique "Batamote" en el distrito de riego 010, "Culiacán-Humaya-San Lorenzo" en Sinaloa.

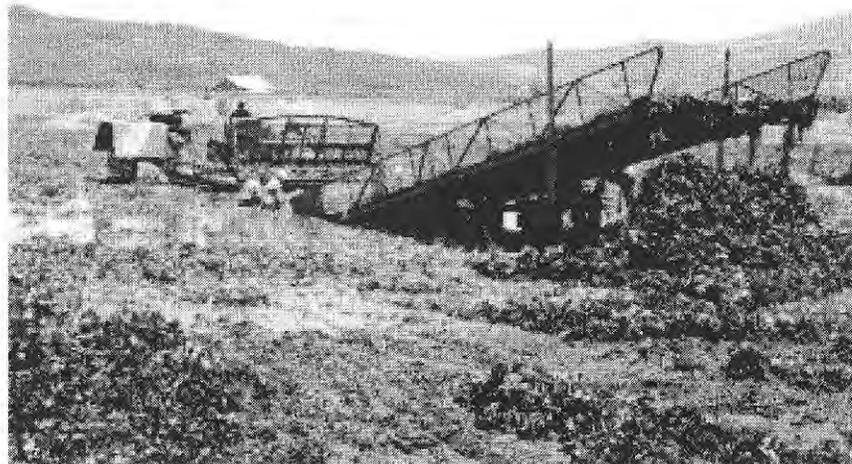


Foto 9.10 Cosechador de lirio acuático en la laguna de Yuriría en Guanajuato.

#### 9.4.2 Control químico

Cuando todos los métodos de control hayan sido ineficientes para controlar el problema, la última opción es el control químico, porque antes del uso de herbicidas es necesario considerar que "todos los plaguicidas en menor o mayor grado son tóxicos" porque son sustancias ajenas a los ecosistemas. Lo más recomendable es utilizarlo en combinación con otros métodos que sean económicos, efectivos y seguros.

Si aún así queremos o no queda otra opción más que aplicar herbicidas, se requiere conocer la siguiente información:

- Conocer la especie o especies de maleza a controlar.
- Conocer su período de competencia y etapa más susceptible.
- Seleccionar el o los productos adecuados.
- Aplicar la proporción recomendada del herbicida (dosis y dosificación adecuada).
- Utilizar agua limpia de buena calidad en caso de dilución del producto.
- Utilizar coadyudantes compatibles con el herbicida en caso necesario.
- Utilizar el equipo de aplicación adecuado y esté previamente calibrado.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales más apropiadas para la aplicación.
- Avisar a vecinos y colocar letreros en zonas tratadas.

Antes de manejar, recomendar o aplicar un herbicida es indispensable la identificación del mismo, una vez identificado debe ser clasificado de acuerdo a su presentación y/o formulación, familia o grupo químico al que pertenecen, selectividad, modo, sitio y forma de acción, toxicidad, y persistencia. La toxicidad y la persistencia son datos básicos



Foto 9.11. Tracto camión con aplicador selectivo.

*El control químico es la última alternativa para el control de maleza en canales y drenes. Aquí un aplicador móvil con sensor infrarrojo y laser.*

para su uso, manejo y recomendación. Sólo se sugieren los ligeramente tóxicos y ligeramente persistentes y que cuenten con registro en México para utilizarse en canales y drenes.

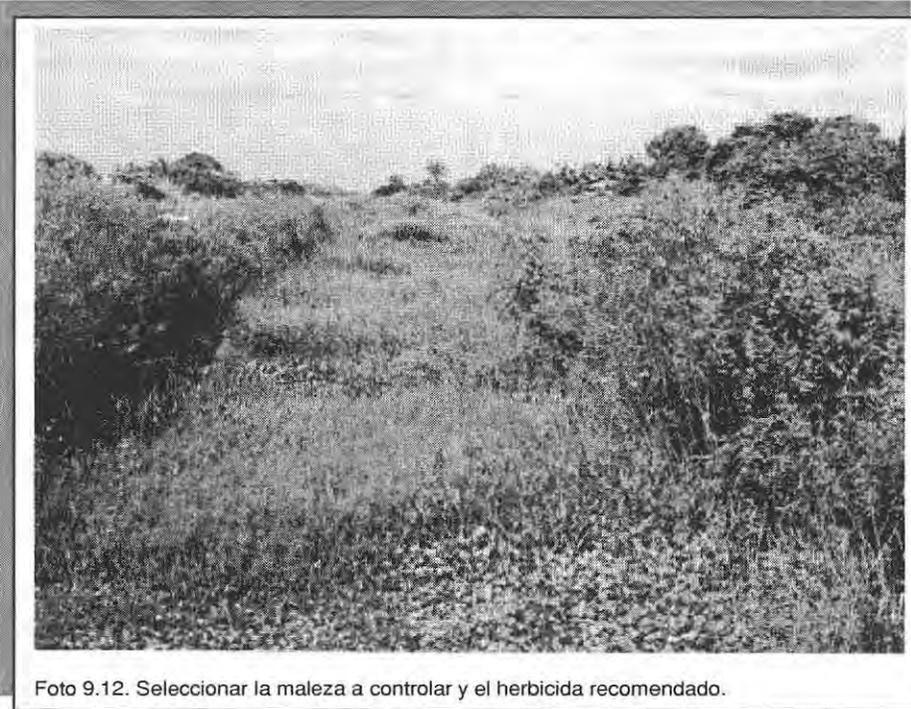


Foto 9.12. Seleccionar la maleza a controlar y el herbicida recomendado.

Selección de herbicidas. La selección de los herbicidas esta en función de las condiciones del sitio y de la maleza, las características físico químicas de los herbicidas pero lo más importante es conocer la susceptibilidad de la especie a controlar y la toxicidad y persistencia del herbicida.

En gran medida el éxito o fracaso del control químico de la maleza depende de las condiciones ambientales bajo las que se haya realizado la aplicación del her-

bicida, por esta razón, es importante recordar como pueden afectar cada uno de los factores climáticos, edáficos y por supuesto, las condiciones de los ambientes acuáticos.

- a) Climáticos (radiación y elementos relativos, evaporación, nubosidad e intensidad luminosa, temperatura, viento, lluvia).
- b) Edáficos. Casi todos los elementos, propiedades y características del suelo afectan a los herbicidas que se apliquen o lleguen al suelo (coloides del suelo, textura, contenido de humedad, temperatura, pH y fertilidad).
- c) Acuáticos. (temperatura del agua, turbidez y contenido de partículas sólidas en suspensión, pH y cationes, velocidad y profundidad del agua).

Una vez aplicado un herbicida es necesario darle seguimiento a los efectos adversos para el ambiente, de ser posible conocer la movilidad, degradación, persistencia, bioacumulación y destino final del o los productos utilizados y su posible toxicidad a peces, aves, insectos y otro tipo de organismos.

### 9.4.3 Control biológico

Es el uso de organismos o agentes biológicos para el control de una plaga. En México se aplican en la actualidad los dos tipos de control biológico en la maleza acuática, natural e inducido. El primero ejercido bajo condiciones normales por agentes de la misma comunidad biológica, sin que el hombre intervenga directamente. El control biológico inducido se realiza mediante la cría, reproducción y liberación y/o aplicación de organismos vivos, planeada y realizada por el hombre.

#### 9.4.4 Control integrado de la maleza

Como se ha venido presentando hasta ahora, el hecho de mostrar alternativas generalizadas para la solución del problema de la maleza en canales, corre el riesgo de que las condiciones particulares de los sitios o localidades así como la disposición de la población, puedan resultar un seguro fracaso. Resulta más conveniente analizar cada caso para poder plantear estas alternativas. En este apartado se presenta la metodología que se siguió para resolver la problemática de la maleza en el distrito de riego 041 "Río Yaquí" en Sonora.

#### 9.5 Estudio de caso del programa de control integrado realizado en el DR 041 "Río Yaquí", Son.

En el Distrito de Riego 041 "Río Yaquí", Sonora, durante 1993, se desarrolló el primer programa exitoso de control integrado de la maleza acuática a nivel nacional, para su realización se aplicaron al menos una actividad de los siguientes métodos de control.

- Preventivo.- Diseño, distribución.
- Cultural.- Acciones de manejo y operativos.
- Manual.- Mano de obra implementos personales.
- Físico.- Quemadas, barreras físicas.
- Mecánico.- Uso de maquinaria e implementos.
- Biológico.- Agentes biológicos y organismos.
- Químico.- Productos, sustancias y materiales químicos (herbicidas).

#### Objetivos del programa:

- Realizar actividades y trabajos enfocados al control integrado de la maleza acuática en canales y drenes.
- Identificar y evaluar los problemas ocasionados por la maleza acuática, antes de presentar las alternativas y recomendaciones para este distrito.
- Capacitar y preparar al personal técnico encargado del control de la maleza en los módulos de riego del distrito, para eficientar los recursos y las actividades emprendidas para combatirla integralmente.
- Fomentar la participación interdisciplinaria de los diferentes grupos, instituciones y dependencias locales involucradas en el control de la maleza.
- Desarrollo del programa.



Foto 9.13. Aplicación inadecuada de herbicidas.

*En México no se toman todas las medidas de precaución y manejo seguro de herbicidas.*

## Desarrollo del programa

El primer paso fue determinar la ubicación, identificación y diagnóstico de la maleza, poniéndose mayor interés a los sitios considerados como los focos de infestación. Posteriormente se recabó la información sobre la cuantificación de la infestación mediante un inventario.

Mientras se evaluaba la problemática, en forma paralela se realizaron los estudios locales sobre los mejores métodos de control. En cada una de estas evaluaciones se incluyó un análisis económico y el avance de los mismos. Partiendo de este conocimiento, se realizó una reunión regional donde participaron todas las instituciones y organismos involucrados con la problemática y se presentaron todas las alternativas con sus respectivos costos, tiempo de ejecución y riesgos ambientales. En esta reunión se definió el plan de ataque del cual se realizó lo siguiente:

- Presentar una propuesta de control integrado donde fuera posible utilizar todas las opciones para el combate de la maleza.
- Se realizó una campaña de divulgación entre las comunidades y poblados involucrados para mantenerlos informados y a la vez participaran en una campaña de saneamiento de los cuerpos de agua.
- Se consideraron como dos situaciones independientes el combate de la maleza en drenes y la otra en canales.
- Se acordó continuar con el programa de control químico y mecánico de la maleza en los drenes, pero sin depender de esta medida indefinidamente, por el contrario continuar con las investigaciones de impacto ambiental en los drenes.
- En el caso de los canales se comenzó a atacar los focos de infestación desde los vasos de derivación en favor de la corriente, apegándose a un programa de control integrado. Se utilizó control mecánico (tritador y retroexcavadora) en la mayoría del área donde la profundidad del agua lo permitió. Con cinco brigadas de personal capacitado, se desprendió el lirio para ser alcanzado por el triturador, el que no pudo ser triturado, se detuvo en mallas de contención colocadas en forma transversal aguas abajo del canal y se extrajo con una draga. Con las medidas de operación del vaso de subir y bajar el tirante en forma alternada en tiempo de baja demanda de agua, se desprendió otra gran parte del lirio acuático. Se diseñó una lancha con equipo especializado para la aplicación de herbicidas en la reducida superficie que no se eliminó con las operaciones anteriores. En esta pequeñísima área se aplicaron los herbicidas más seguros y efectivos resultados de los trabajos de investigación.
- Se acordó también evaluar en reuniones ordinarias el avance de las actividades planeadas.
- Se elaboró un programa de actividades para dar mantenimiento una vez que se había concluido el control. Finalmente se realizó una campaña de capacitación e información de los resultados para mejorar la eficiencia de las actividades encaminadas al combate de la maleza especialmente aquellas que consideren la aplicación de herbicidas.

A tres años de haberse realizado el programa, este distrito continúa manteniendo el problema bajo control, aunque se presume que otras nuevas y más agresivas especies se están estableciendo en la zona.

## 10 INVESTIGACIÓN, COMUNICACIÓN E INTERACCIÓN CON LOS MÓDULOS Y DISTRITOS DE RIEGO

### 10.1 Investigación-Operación

Para sustentar las acciones y directrices de los programas de control que se van definiendo en cada distrito o zona de trabajo, se realizan trabajos de experimentación y validación en los propios cuerpos de agua problema y en condiciones operativas.



Foto 10.1. Trabajos de investigación a mínima escala.

Estos trabajos permiten ligar la investigación a las actividades del distrito en una constante búsqueda de métodos y variantes de control de maleza acuática más eficaces, económicos y de menor efecto negativo al medio.

Los trabajos de investigación se realizan en áreas pequeñas, a mínima escala, para tener un mejor control de las variables experimentales y disminuir costos como se aprecia en la foto 10.1.

Los resultados favorables se someten a validación a mayor escala como se aprecia en la foto 10.2 para finalmente dar las recomendaciones y lineamientos generales para los programas específicos de control.

En la investigación que dirige el IMTA tiene gran importancia la participación directa de usuarios y técnicos de los distritos y módulos de riego (foto 10.3). No obstante que algunas ideas y conceptos se contraponen por las diferentes necesidades de investigación y operación, la discusión y análisis han permitido mejorar los planes de trabajo y obtener resultados más efectivos y expeditos.



Foto 10.2. Trabajos de validación a mayor escala.

De esta manera, en distritos de riego se han realizado trabajos experimentales de diferentes métodos de control de maleza, del biológico especialmente. Las especies que más se han trabajado son lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), cola de zorra (*Ceratophyllum demersum*), hidrila (*Hydrilla verticillata*) lirio chino (*Hymenocallis sonoresis*) y tule (*Typha sp.*). Los resultados permiten ya tener una nueva visión del control y manejo de la maleza.



Foto 10.3. Participación de usuarios y técnicos.

Este tipo de investigación y sus resultados representa un gran esquema de trabajo aplicable a nivel nacional, ya que además de resolver problemas directos y locales, proporciona información y experiencia que puede y debe ser de utilidad para cualquier programa de maleza acuática a nivel local, estatal, regional y nacional.

## 10.2 Comunicación y divulgación.



Foto 10.4. Participación de usuarios, empleando medios de comunicación.

Para lograr la participación de los usuarios en el programa de control de maleza se desarrolla una estrategia empleando diferentes medios de comunicación como trípticos, carteles, audiovisuales, radio y la televisión como se aprecia en la foto 10.4.

En este proceso participa directamente personal de la Coordinación de Comunicación y Participación del IMTA.

La participación de fotógrafos expertos con los

que cuenta el Instituto ha permitido tener registro de todo el proceso que se ha vivido en este proyecto de la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, lo cual ha sido de gran utilidad para la presentación de resultados en diferentes foros.

Con personal de la Coordinación de Comunicación y Participación del IMTA se ha trabajado en el diagnóstico de la problemática de la maleza acuática y el registro, en video, de las experiencias de investigación y validación desarrolladas. Se han elaborado seis audiovisuales sobre el control de maleza: dos sobre la carpa herbívora y el control biológico de la hidrila, dos sobre las experiencias del control mecánico, químico y biológico del lirio acuático y dos sobre el control mecánico de la maleza (equipo ligero).

Se ha trabajado conjuntamente para desarrollar un programa general de comunicación sobre el manejo de la maleza acuática en los distritos de riego que se ha visto restringido por la escasez de recursos, pero ya se tiene suficiente material como para poder desarrollar un ambicioso programa de comunicación a nivel regional y nacional.

Con las nuevas estrategias y métodos de control generados por el equipo de trabajo conformado es factible lograr el manejo integral de la maleza en los distritos de riego. Sin embargo, no basta generar y desarrollar la tecnología hay que lograr su transferencia a los diferentes distritos, ese es uno de los principales retos.

### **10.3 Programas de control de maleza.**

Para la elaboración del programa de control de maleza es vital el análisis y discusión del equipo conformado, en función de la experiencia adquirida localmente, los resultados de la investigación y la componente de comunicación.

Al transferir los distritos y pasar la responsabilidad de la conservación, de las redes secundarias principalmente, a manos de los usuarios, el problema de la maleza ya tiene una magnitud difícil de manejar en cuanto al grado de infestación existente. Se carga con un atraso y se maneja una metodología de control insuficiente e ineficiente.

La conformación del equipo de trabajo, técnicos e investigadores debe ser la base para definir un mejor programa anual de manejo de maleza acuática en el distrito (foto 10.5).



Foto 10.5. Conformación de equipos de trabajo.

Este equipo sustentándose, cada vez más, en los resultados de la investigación y validación pueden y deben disminuir los costos de control de maleza; reducir la infestación; evitando problemas recurrentes en la operación y mejorando sus resultados productivos.

Los programas desarrollados conjuntamente con distritos de Tamaulipas, Sinaloa y Sonora principalmente, han permitido al IMTA obtener experiencias en la definición de estrategias y metodologías de trabajo que pueden ponerse al servicio de los programas de control de maleza para los diferentes usuarios de los cuerpos de agua del país.

También han permitido valorar la importancia de evitar que las especies exóticas, como la hidrilla que están invadiendo el país, avancen en su colonización hacia otros cuerpos de agua de otros estados del país.

Para desarrollar estos programas de acuerdo a esta metodología y estrategia es necesario un financiamiento ya sea de la CNA, de los propios módulos y distritos de riego o de algún otro organismo que pueda impulsar esta labor.

#### 10.4 Convenios de colaboración.

Es fundamental adquirir recursos a través de convenios de colaboración directamente con usuarios, gobiernos de los estados u otras instancias, además de la propia CNA, en el entendido de que para dar continuidad al proyecto hace falta la captación de recursos externos al Instituto y de que se está hablando de proyectos de control de maleza acuática redituables, que presentan beneficios directos e indirectos para los usuarios y las diferentes instancias de gobierno que inciden en el problema. La foto 10.6. ilustra la elaboración de convenios.



Foto 10.6. Elaboración de convenios

En 1992, se iniciaron actividades relacionadas con el problema de la maleza acuática, en los distritos de riego con apoyo económico de la CNA y para 1993 se consolida en un proyecto. En 1994 ya no hubo dicho apoyo y el IMTA sostuvo el proyecto. Debido a la insuficiencia de recursos se buscó establecer convenios de colaboración con los usuarios, beneficiarios potenciales o directos del proyecto.

Con módulos del distrito de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo (DR 010) y 074 Mocerito (DR 074), se estableció un convenio, en 1995, para el control biológico del lirio acuático. En 1996, con el DR 034 Navojoa Río Mayo para el estudio del lirio chino (*Hymenocallis sonorensis*) y con el Módulo Santa Rosa del Dr 075 Río Fuerte, para el control de maleza sumergida, especialmente cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*).

Estos convenios son fundamentales en el futuro ya que permitirán al equipo de trabajo del IMTA dar continuidad al proyecto de control de maleza acuática en los distritos de riego y a los productores les permitirá contar con el apoyo directo, no sólo de investigadores del IMTA, sino también de otras instituciones que apoyan el programa de control de maleza.

También se ha buscado otras fuentes de financiamiento. En 1995 la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del IMTA le planteó a CONACYT tres proyectos de maleza en distritos de riego de Sinaloa, Tamaulipas y Sonora, de los cuales aprobó el proyecto de control biológico de maleza acuática en Sinaloa, en virtud del buen planteamiento y la participación económica de los productores.

La colaboración de los usuarios muestra que consideran la investigación, la validación, y la transferencia tecnológica como un proceso necesario para desarrollar programas de control y manejo de la maleza acuática más eficientes y económicos.

### **10.5 Coordinación institucional. Establecer equipos de trabajo locales e interdisciplinarios.**

Existen diferentes instituciones que participan o pueden participar en el control de maleza, además de los usuarios y población en general, que es fundamental considerarlos por el conocimiento y la experiencia generada.

Partiendo del interés y de la política de los interesados (módulos y distritos) se integran equipos de trabajo que responden localmente al problema de la maleza acuática foto 10.7 a este equipo se integran técnicos o investigadores de otras instituciones.

La colaboración alcanzada, en estos primeros años, entre el personal de los distritos y módulos de riego con

el del IMTA, así como de otras instituciones ha permitido tener una visión clara del papel en la tarea colectiva del control y manejo de la maleza acuática.

En los distritos y módulos se tiene, en su organización, personal encargado del combate de maleza, pero en la mayoría de los casos, representan actividades secundarias a su labor. Es conveniente darle un mayor peso específico al programa de control de maleza para lograr un mayor impacto en menor tiempo.

La participación del IMTA representa un apoyo para la conformación formal del equipo y la orientación del programa de trabajo, buscando nuevos métodos o variantes para mejorar el manejo de la maleza, en el aspecto teórico, de comunicación, capacitación y organización.

Para el desarrollo de este proyecto ha sido fundamental la coordinación y organización con módulos de riego, gobiernos de los estados (centros piscícolas), la CNA (gerencias estatales, distritos de riego y subgerencia de conservación), la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el Co-



Foto 10.7. Colaboración entre personal de los distritos y módulos de riego, IMTA y otras instituciones.

legio de Postgraduados y la Universidad Autónoma de Sinaloa. La integración y conjunción de esfuerzos ha permitido avanzar con buenos resultados desde 1992.

Para continuar fortaleciendo los programas en sus diferentes líneas de investigación, al interior de los distritos de riego atendidos, es indispensable vigorizar las relaciones entre los diferentes participantes e incluir a nuevos organismos o instituciones que permitan acelerar y mejorar los resultados.

### **10.6 Conclusiones**

Con la experiencia generada como equipo de trabajo en los distritos de riego se puede y se busca cambiar la estrategia de combatir la maleza acuática. Se pretende hacer un manejo de las plantas de manera que no representen problemas operativos y permita mejorar y eficientar la distribución del agua con repercusiones favorables en la producción, los ingresos obtenidos por la producción misma y por los ahorros en los gastos de conservación.

En México, en los distritos de riego en particular, es necesario mejorar los programas de control de maleza acuática para primero disminuir las infestaciones y posteriormente, evitar su crecimiento excesivo o explosivo.

El IMTA ha desarrollado una estrategia y metodología para establecer programas de manejo de maleza acuática, conjuntamente con usuarios, técnicos y autoridades de módulos y distritos de riego, y técnicos, investigadores y autoridades de CNA (Subgerencia de Conservación), del Colegio de Postgraduados, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, de la dirección de acuacultura y centros piscícolas de los gobiernos de Hidalgo y Tamaulipas.

De esta manera los equipos de trabajo debiesen atender el programa de control y manejo de la maleza acuática en forma local, regional y nacional.

En la estrategia se considera la organización de los equipos de trabajo, el desarrollo de la investigación, el seguimiento de la infestación, la evaluación de resultados y el proceso de comunicación (método y aplicación) dirigido a usuarios y población en general. La base de los programas son los propios beneficiarios de los cuerpos de agua, las instituciones responsables de su explotación y la investigación en la propia operación de los cuerpos de agua.

## Anexo 1

Maleza acuática en cuerpos de agua. Periodo 1992-1994. CNA.

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Aguascalientes	Ordeña Vieja	43.00		
Aguascalientes	El Niágara	283.50	113.40	40.00
Aguascalientes	Media Luna	20.00	12.00	60.00
<b>Total Aguascalientes</b>		<b>346.50</b>	<b>125.40</b>	<b>36.19</b>
Campeche	Silvitud	625.00	187.00	29.92
Campeche	El Vapor	2,500.00	500.00	20.00
Campeche	Del Este	5,000.00	1,000.00	20.00
<b>Total Campeche</b>		<b>8,125.00</b>	<b>1,687.00</b>	<b>20.76</b>
Chihuahua	Lago Jacala	20.00	4.00	20.00
<b>Total Chihuahua</b>		<b>20.00</b>	<b>4.00</b>	<b>20.00</b>
Coahuila	Los Ángeles			
Coahuila	El Pastorcito	235.00	23.50	10.00
Coahuila	El Tullilo	420.00	84.00	20.00
<b>Total Coahuila</b>		<b>655.00</b>	<b>107.50</b>	<b>16.41</b>
Colima	Laguna de Amela	1,180.15	23.60	2.00
Colima	Laguna de los Hachotes	100.00	3.00	3.00
Colima	Laguna San Pedrito			
<b>Total Colima</b>		<b>1,280.15</b>	<b>26.60</b>	<b>2.08</b>
Chiapas	Cap. Rosendo Salazar			
<b>Total Chiapas</b>				
Durango	Refugio Salcido	1858.6	185.86	10.00
Durango	Laguna Sandaguillo	17,015.00	850.75	5.00
Durango	San Bartolo	1,063.00	42.52	4.00
Durango	La Ferrería	20.00	6.00	30.00
Durango	Francisco Villa			
Durango	Carlos Real			
Durango	Armal			
<b>Total Durango</b>		<b>18,098.00</b>	<b>899.27</b>	<b>4.97</b>
Guanajuato	Ciénega de Galvanes			
Guanajuato	Laguna de Yuriria	6,600.00	1,300.00	19.70
Guanajuato	Solis	6,500.00	1,500.00	23.08
Guanajuato	Ignacio Allende	3,588.00	358.80	10.00
Guanajuato	La Purísima	686.00	144.06	21.00
Guanajuato	El Barrial	594.00	65.34	11.00
Guanajuato	Presa Peñuelitas	505.00	55.55	11.00
Guanajuato	El Palote	253.80	50.76	20.00
Guanajuato	Mariano Abasolo	208.30	41.66	20.00
Guanajuato	Potrerillos	120.00	15.60	13.00
Guanajuato	Presa El Cubo	121.00	12.10	10.00
<b>Total Guanajuato</b>		<b>19,176.10</b>	<b>3,543.87</b>	<b>18.48</b>
Guerrero	La Calera	680.00	34.00	5.00
Guerrero	Revolución Mexicana	1,503.00	30.06	2.00
<b>Total Guerrero</b>		<b>2,183.00</b>	<b>64.06</b>	<b>2.93</b>
Hidalgo	Rojo Gómez	350.00	350.00	100.00
Hidalgo	Laguna Zupitlán	85.00	10.00	11.76
Hidalgo	San Miguel Regla	90.00	4.50	5.00
Hidalgo	Endhó	1,200.00	3.60	0.30
Hidalgo	El Salto	1.50	1.50	100.00
<b>Total Hidalgo</b>		<b>1,726.50</b>	<b>369.60</b>	<b>21.41</b>

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Jalisco	Lago de Chapala	110,000.00	21,000.00	19.09
Jalisco	Santa Rosa	1,035.00	1,035.00	100.00
Jalisco	Laguna de Zapotlán	1,100.00	990.00	90.00
Jalisco	El Ahogado	841.00	756.90	90.00
Jalisco	Laguna Colorada	646.00	278.40	43.10
Jalisco	El Trigo	435.00	261.00	60.00
Jalisco	El Salto	1,005.00	150.75	15.00
Jalisco	Vicente C. Villasenor	423.00	101.52	24.00
Jalisco	Laguna Palo Verde	233.40	93.36	40.00
Jalisco	Osorio	130.00	78.00	60.00
Jalisco	Coina	86.20	60.34	70.00
Jalisco	Agua Prieta	40.00	40.00	100.00
Jalisco	Coatepec	108.50	32.55	30.00
Jalisco	Bellavista	40.00	32.00	80.00
Jalisco	San José de la Saucedá	82.80	24.84	30.00
Jalisco	San Agustín	30.00	19.50	65.00
Jalisco	Tlacuache	16.00	16.00	100.00
Jalisco	Chila	20.70	12.42	60.00
Jalisco	San Nicolás	18.70	11.22	60.00
Jalisco	Trigomil	270.00	9.70	3.59
Jalisco	Hurtado	581.00	5.81	1.00
Jalisco	Sta. Cruz de la Soledad	28.60	5.72	20.00
Jalisco	El Llano	57.00	5.70	10.00
Jalisco	Laguna Cajetitlán	1,694.00	5.08	0.30
Jalisco	La Vega	1,920.00	3.04	0.16
Jalisco	Tacotán	525.00	3.15	0.60
Jalisco	Miraplanes	73.00	1.46	2.00
<b>Total Jalisco</b>		<b>121,439.90</b>	<b>25,033.46</b>	<b>20.61</b>
México	Lago de Guadalupe			
México	Lago de Zumpango	2,000.00	1,500.00	75.00
México	José A. Alzate	1,500.00	1,050.00	70.00
México	Ignacio Ramírez	850.00	136.00	16.00
México	Valle de Bravo	1,300.00	10.40	0.80
México	San Miguel Almaya	20.00	4.00	20.00
México	El Mortero			
México	Cuendo			
México	San Fernando			
México	La Mesa			
México	Tepetitlán	942.00		-
México	La Victoria			
México	El Toril			
México	León Guzmán	8.40		-
México	Embajomuy	40.00		-
México	La Tinaja			
México	El Maguey	10.00		-
México	El Árbol	15.00		-
<b>Total México</b>		<b>6,685.40</b>	<b>2,700.40</b>	<b>40.39</b>
Michoacán	Presa el Pejo	363.00	36.30	10.00
Michoacán	Umécuaro	18.00	7.20	40.00
Michoacán	Santa Catarina	1.08	0.32	29.63
Michoacán	Lago de Cuitzeo	39,544.00	11,850.00	29.97
Michoacán	Lago de Pátzcuaro	11,872.23	1,780.83	15.00

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Michoacán	Melchor Ocampo	2,095.07	1,047.54	50.00
Michoacán	San Antonio Guaracha	1,160.00	464.00	40.00
Michoacán	Barraje de Ibarra	500.00	450.00	90.00
Michoacán	Gonzalo	546.30	218.52	40.00
Michoacán	San Juanico	1,244.00	200.28	16.10
Michoacán	Copándaro	352.30	193.77	55.00
Michoacán	Aristeo Mercado	963.00	192.60	20.00
Michoacán	Malpais	650.00	162.00	24.92
Michoacán	Urepetiro	296.00	133.20	45.00
Michoacán	Jaripo	170.00	85.00	50.00
Michoacán	Los Ángeles	550.00	55.00	10.00
Michoacán	Cupatitzio	90.00	41.40	46.00
Michoacán	La Cofradía	185.00	40.70	22.00
Michoacán	Tarécuaro	65.30	39.18	60.00
Michoacán	Laguna de Zirahuén	1,109.00	11.09	1.00
Michoacán	Mintzita	17.10	10.26	60.00
Michoacán	Pucuto	204.00	6.12	3.00
Michoacán	Zicuirán	380.00	3.80	1.00
Michoacán	Los Olivos	130.00	1.30	1.00
<b>Total Michoacán</b>		<b>62,505.38</b>	<b>17,030.41</b>	<b>27.25</b>
Morelos	Laguna de Cuatetelco	100.00	60.00	60.00
Morelos	P.D.5a. Toma (Río Yautepec)	3.00	0.90	30.00
Morelos	Quilamula	22.50	9.00	40.00
Morelos	Cruz Pintada	11.00	8.80	80.00
<b>Total Morelos</b>		<b>136.50</b>	<b>78.70</b>	<b>57.66</b>
Nayarit	Presa Mora	68.00	34.00	50.00
Nayarit	Francisco S. Maldonado	155.00	31.00	20.00
Nayarit	Laguna de San Pedro	122.00	26.40	21.64
Nayarit	El Bordo	78.00	23.40	30.00
Nayarit	El Zapote	38.00	15.20	40.00
Nayarit	Laguna La Redonda	72.00	14.40	20.00
Nayarit	El Arrozal	65.00	13.00	20.00
Nayarit	El Zapote	38.00	9.50	25.00
Nayarit	Los Cuates	25.42	7.63	30.02
Nayarit	Cuyutlán	36.20	7.24	20.00
Nayarit	Los Dasiltos	16.00	6.40	40.00
Nayarit	Los Fresnos	11.00	5.50	50.00
Nayarit	El Cajón	18.00	5.40	30.00
Nayarit	Lázaro Cárdenas	22.40	4.48	20.00
Nayarit	Los Pocitos	20.20	4.04	20.00
Nayarit	Presa de Mexpan	10.00	4.00	40.00
Nayarit	Las Agujas	13.00	3.90	30.00
Nayarit	Ojo de Agua Tarco	9.15	3.66	40.00
Nayarit	Cerro Verde	11.30	3.39	30.00
Nayarit	Las Lajitas	11.00	3.30	30.00
Nayarit	El Vigía	16.20	3.24	20.00
Nayarit	Laguna La Punta	8.10	2.84	35.06
Nayarit	El Chiquero	28.00	2.80	10.00
Nayarit	Potrero Grande	8.20	2.46	30.00
Nayarit	Achota	6.00	2.40	40.00
Nayarit	El Paredón	11.30	2.26	20.00
Nayarit	El Coyote	7.50	2.23	29.73

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Nayarit	Las Higueras	10.60	2.12	20.00
Nayarit	La Ciénega	5.30	2.12	40.00
Nayarit	La Soledad	5.20	2.08	40.00
Nayarit	La Soledad	8.60	1.72	20.00
Nayarit	La Esperanza	8.50	1.70	20.00
Nayarit	La Haciendita	16.20	1.62	10.00
Nayarit	La Canadá	16.00	1.60	10.00
Nayarit	Las Cebollas	7.70	1.54	20.00
Nayarit	Pantano Grande	7.00	1.40	20.00
Nayarit	Ruiz	4.55	1.37	30.11
Nayarit	El Jaguey	4.00	1.20	30.00
Nayarit	Rancho López	6.00	1.20	20.00
Nayarit	Los Tecolotes	3.54	1.06	29.94
Nayarit	Huanacastle	3.50	1.05	30.00
Nayarit	Las Higueras	10.00	1.00	10.00
Nayarit	Juan Peral	4.60	0.92	20.00
Nayarit	San Juan	9.00	0.90	10.00
Nayarit	Los Sajones	8.20	0.82	10.00
Nayarit	Los Tepeguajes	3.80	0.76	20.00
Nayarit	La Galinda	7.30	0.74	10.14
Nayarit	La Loma	6.20	0.63	10.16
Nayarit	El Limoncito	12.30	0.62	5.04
Nayarit	Rancho Grande	6.10	0.61	10.00
Nayarit	Puente la Parra	3.00	0.60	20.00
Nayarit	El Mortero	3.00	0.60	20.00
Nayarit	Los Petriles	2.00	0.60	30.00
Nayarit	La Nana	2.70	0.54	20.00
Nayarit	Piedra Gorda	5.00	0.50	10.00
Nayarit	Charcos de Arriba	4.10	0.41	10.00
Nayarit	La Bajada	1.20	0.36	30.00
Nayarit	Los Mezcales	3.20	0.32	10.00
Nayarit	El Marismeno	3.10	0.31	10.00
Nayarit	El Arpal	2.40	0.24	10.00
Nayarit	La Palma	13.00	1.30	10.00
Nayarit	Lag. Sta. María del Oro			
Nayarit	Laguna el Tule	20.00	12.00	60.00
Nayarit	Dren Lateral			
Nayarit	Dren Principal	2.00		
Nayarit	San Aparicio	1.50	0.15	10.00
<b>Total Nayarit</b>		<b>1,165.36</b>	<b>289.48</b>	<b>24.84</b>
Nuevo Leon	Ing. José Niágara	895.00	1.79	0.20
<b>Total Nuevo Leon</b>		<b>895.00</b>	<b>1.79</b>	<b>0.20</b>
Oaxaca	Pte. Miguel Alemán	47,700.00	-----	
Oaxaca	Benito Juárez	7,845.00	-----	
Oaxaca	Yosocuta	307.30	-----	
<b>Total Oaxaca</b>		<b>55,852.30</b>	-	-
Puebla	Manuel Avila Camacho	1,960.00	980.00	50.00
Puebla	Toloncingo	1,404.00	421.20	30.00
Puebla	San Juan Epatlan	54.00	29.70	55.00
Puebla	Nexapa	150.00	15.00	10.00
Puebla	L. de Chigrahuapan	6.00	3.60	60.00
Puebla	Tenango	341.00	3.41	1.00

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Puebla	Las Minas o Preciosa	40.00	2.00	5.00
Puebla	Necaxa	189.40	1.89	1.00
Puebla	Atexcac	40.00	1.60	4.00
Puebla	Aljocuca	25.00	1.25	5.00
Puebla	Quechutac	50.00	0.50	1.00
Puebla	San Bernabé el Grande	25.00	0.50	2.00
Puebla	Laguna Patlanclan	36.00	0.36	1.00
Puebla	Teocuitlapa	35.00	0.33	0.94
Puebla	Ajolotla	34.00	0.34	1.00
Puebla	Cuatelolulco	5.00	0.25	5.00
<b>Total Puebla</b>		<b>4,394.40</b>	<b>1,461.93</b>	<b>33.27</b>
Querétaro	Paso de Lajas	7.00	0.70	10.00
Querétaro	La Estancia	12.00	1.20	10.00
Querétaro	Paso de Tablas			
Querétaro	Corregidor Manuel Domínguez	115.00	11.50	10.00
Querétaro	El Cajón			
Querétaro	El Tecolote	56.00	5.60	10.00
Querétaro	San Idelfonso	325.00	97.50	30.00
Querétaro	Alfredo B. Bonfil	50.00	45.00	90.00
Querétaro	El Carmen	58.00	11.60	20.00
Querétaro	El Centenario	205.00	184.50	90.00
Querétaro	La Lave	180.00	144.00	80.00
<b>Total Querétaro</b>		<b>1,008.00</b>	<b>501.60</b>	<b>49.76</b>
San Luis Potosí	San Ricardo (Lajillas)			
San Luis Potosí	Ing. Valentín Garza	50.00	15.00	30.00
San Luis Potosí	San José	50.00	5.00	10.00
San Luis Potosí	San Francisco	5.00	1.00	20.00
San Luis Potosí	Manantial Ojo Caliente			
San Luis Potosí	Canadá de Yanez			
San Luis Potosí	Ing. Mariano Moctezuma			
<b>Total San Luis Potosí</b>		<b>105.00</b>	<b>21.00</b>	<b>20.00</b>
Sinaloa	Santa Martha			
Sinaloa	Sanalona	3,900.00	1,930.00	49.49
Sinaloa	Adolfo López Mateos	11,320.00	1,358.40	12.00
Sinaloa	Dique Mariquita	492.00	393.60	80.00
Sinaloa	Ing. Aurelio Denaisini	3,090.00	185.40	6.00
Sinaloa	Dique Batamonte	125.00	125.00	100.00
Sinaloa	Auntita	83.20	24.88	29.90
Sinaloa	Dique Arroyo Prieto	42.33	42.33	100.00
Sinaloa	Dique Coahuila	40.00	36.00	90.00
Sinaloa	Dique Santa Rosa	73.00	32.12	44.00
Sinaloa	Dique Aeropuerto	156.52	31.30	20.00
Sinaloa	Palos Amarillos	30.00	72.00	240.00
Sinaloa	Dique No. 2	22.00	22.00	100.00
Sinaloa	Deriv. Cerro Bola	110.00	17.60	16.00
Sinaloa	Ing. Andrew Weiss	53.00	17.60	33.21
Sinaloa	Dique Noma	24.00	12.00	50.00
Sinaloa	Dique Casas Viejas	24.00	9.60	40.00
Sinaloa	San Lorenzo	50.00	5.00	10.00
Sinaloa	Ing. Carlos Carbajal	45.00	4.50	10.00
Sinaloa	Dique Los Patos	7.00	4.20	60.00
Sinaloa	Dique Hilda	12.20	2.44	20.00

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Sinaloa	Deriv. Santa Rosa	3.00	2.10	70.00
Sinaloa	Dique Guamuchil	2.30	1.15	50.00
Sinaloa	Dique Agua Fria	8.50	0.34	4.00
Sinaloa	Dique No. 1	6.00	0.12	2.00
Sinaloa	Dique Sinaloa de Leyva			
<b>Total Sinaloa</b>		<b>19,719.05</b>	<b>4,329.68</b>	<b>21.96</b>
Sonora	Vaso de Hornen	30.00	6.00	20.00
<b>Total Sonora</b>		<b>30.00</b>	<b>6.00</b>	<b>20.00</b>
Tabasco	L. Horizonte	750.00	375.00	50.00
Tabasco	L. Si Señor	190.00	133.00	70.00
Tabasco	L. Chiflanero	260.00	120.00	46.15
Tabasco	L. Los Caballos	180.00	136.00	75.56
Tabasco	L. El Trocón	170.00	93.50	55.00
Tabasco	L. El Negro	75.00	75.00	100.00
Tabasco	L. Aduada	65.00	65.00	100.00
Tabasco	L. La Negrita	60.00	42.00	70.00
Tabasco	L. El Espejo	34.00	34.00	100.00
Tabasco	L. La Choza	12.00	12.00	100.00
Tabasco	L. Covadonga	6.00	4.80	80.00
Tabasco	L. El Porvenir			
<b>Total Tabasco</b>		<b>1,802.00</b>	<b>1,090.30</b>	<b>60.50</b>
Tamaulipas	Presa Falcón	31,000.00		-
Tamaulipas	El Retamal			
Tamaulipas	Laguna Tamcol	486.00	291.60	60.00
Tamaulipas	Laguna de la Puerta	1,500.00	750.00	50.00
Tamaulipas	La Patria es Primero	250.00	100.00	40.00
Tamaulipas	María Soto La Marina	250.00	50.00	20.00
Tamaulipas	Lic. Emilio P. Gil	2,623.00	1,536.10	58.56
Tamaulipas	Laguna de Chairel	1,428.00	828.24	58.00
Tamaulipas	Vicente Guerrero	1,900.00	570.00	30.00
Tamaulipas	Laguna La Nacha	5,000.00	500.00	10.00
Tamaulipas	Est. Ramiro Caballero	2,500.00	500.00	20.00
Tamaulipas	Presa Lavaderos	700.00		-
Tamaulipas	República Española	1,142.00	342.60	30.00
Tamaulipas	Laguna Arida La Piedra	3,100.00	310.00	10.00
Tamaulipas	Pedro J. Méndez	302.00	271.80	90.00
Tamaulipas	Venustiano Carranza	332.00	265.60	80.00
Tamaulipas	Paso de Bordón	385.50	231.30	60.00
Tamaulipas	La Escondida	288.00	201.60	70.00
Tamaulipas	Santa Engracia	250.00	200.00	80.00
Tamaulipas	La Patria es Primero	250.00	100.00	40.00
Tamaulipas	Bernardo G. de Lara	186.50	18.65	10.00
Tamaulipas	La Gloria	51.00	5.10	10.00
Tamaulipas	El Laguito	50.00	5.00	10.00
Tamaulipas	La Loba	40.00	4.00	10.00
Tamaulipas	El Cubilete	5.00	1.50	30.00
Tamaulipas	Sosa del Agua			
<b>Total Tamaulipas</b>		<b>54,019.00</b>	<b>7,083.09</b>	<b>13.11</b>
Tlaxcala	San José Atlanga	965.00	48.25	5.00
<b>Total Tlaxcala</b>		<b>965.00</b>	<b>48.25</b>	<b>5.00</b>
Veracruz	Laguna de Catemaco	7,835.00	1,958.75	25.00
Veracruz	Laguna Ma. Lizamba	1,000.00	500.00	50.00

ESTADO	EMBALSE	SUP. INUNDADA (ha)	SUP. INFESTADA (ha)	INFESTACIÓN (%)
Veracruz	Laguna Chalpa	500.00	375.00	75.00
Veracruz	Laguna Las Piedras	600.00	360.00	60.00
Veracruz	Laguna del Castillo	260.00	104.00	40.00
Veracruz	Laguna de Tarimolla	170.00	34.00	20.00
Veracruz	Laguna Encantada	2.50	0.38	15.20
Veracruz	José Evaristo Molina			
<b>Total Veracruz</b>		<b>10,367.50</b>	<b>3,332.13</b>	<b>32.14</b>
Zacatecas	El Ahijadero	91.60	9.60	10.48
Zacatecas	San Isidro de los Goss	72.00	7.20	10.00
Zacatecas	Deriv. Tierra Blanca	11.00	2.75	25.00
Zacatecas	Deriv. Junta de Ríos	12.00	2.40	20.00
Zacatecas	Deriv. de Bolas	11.00	2.20	20.00
Zacatecas	Deriv. Rancho Nuevo	12.00	1.80	15.00
Zacatecas	Deriv. Agua Blanca	8.00	1.60	20.00
Zacatecas	Deriv. Tlaltenango	8.00	1.20	15.00
Zacatecas	Deriv. L. Colorada	9.00	0.72	8.00
Zacatecas	Deriv. Buenavista	7.00	0.35	5.00
<b>Total Zacatecas</b>		<b>241.60</b>	<b>29.82</b>	<b>12.34</b>
<b>Total General</b>		<b>392,941.64</b>	<b>69,865.34</b>	<b>17.78</b>

NOTA: Color rojo son los nuevos cuerpos de agua considerados de 1989  
Color verde son los que muestran diferencia en la superficie infestada, inundada y grado de infestación.

## Anexo 2

## Maleza acuática en distritos de riego

DISTRITO DE RIEGO	ESTADO	CANALES			DRENES			
		TOTALES	CON MALEZA		TOTAL	CON MALEZA		
		(km)	(km)	(%)	( Km )	(km)	%	
1	PABELLÓN	AGS	1,315.0	30.0	2.3	-	-	-
3	TULA	HGO	575.5	26.0	4.5	100.9	15.0	14.9
4	DON MARTÍN	NL	756.6	11.3	1.5	499.0	399.2	80.0
5	CD. DELICIAS	CHIH	1,200.0	-	-	1,100.0	770.0	70.0
6	PALESTINA	COAH	304.3	-	-	28.1	-	-
8	METZTITLÁN	HGO	134.6	-	-	8.0	8.0	100.0
9	CD. JUÁREZ	CHIH	459.0	137.2	29.9	354.3	248.0	70.0
10	CULIACÁN-HUMAYA-SAN LORENZO	SIN	3,868.2	606.0	15.7	3,406.5	3,064.9	90.0
11	ALTO RÍO LERMA	GTO	1,658.0	80.0	4.8	1,156.0	65.0	5.6
13	ESTADO DE JALISCO	JAL	759.0	302.6	39.9	584.6	350.7	60.0
14	RÍO COLORADO	BC	2,900.0	2,326.0	80.2	1,687.0	1,012.2	60.0
16	ESTADO DE MORELOS	MOR	1,074.0	96.3	9.0	-	-	-
17	REGIÓN LAGUNERA	COAH-DGO	2,432.0	-	-	33.5	-	-
18	COLONIA YAQUIS	SON	307.0	20.0	6.5	235.0	188.0	80.0
19	TEHUANTEPEC	OAX	701.0	490.7	70.0	547.9	498.1	90.9
20	MORELIA	MICH	282.0	41.7	14.8	391.4	195.7	50.0
23	SAN JUAN DEL RÍO	QRO	186.4	7.0	3.8	90.6	5.0	5.5
24	CIÉNAGA DE CHAPALA	MICH	414.5	331.6	80.0	639.0	511.3	80.0
25	BAJO RÍO BRAVO	TAM	2,350.0	200.0	8.5	3,500.0	250.0	7.1
26	BAJO RÍO SAN JUAN	TAM	1,076.2	135.0	12.5	1,229.7	500.0	40.7
28	TULANCINGO	HGO	31.9	-	-	25.4	25.4	100.0
29	XICOTÉNCATL	TAM	620.1	195.0	31.4	306.3	153.0	50.0
30	VALSEQUILLO	PUE	332.0	-	-	-	-	-
31	LAS LAJAS	N.L.	48.2	4.8	10.0	19.9	4.0	20.1
33	ESTADO DE MÉXICO	MEX	348.0	-	-	179.3	-	-
34	ESTADO DE ZACATECAS	ZAC	392.6	-	-	36.1	-	-
35	LA ANTIGUA	VER	419.4	40.0	9.5	232.3	116.2	50.0
37	ALTAR-PITIQUITO-CABORCA	SON	2,050.0	-	-	-	-	-
38	RÍO MAYO	SON	1,256.7	377.0	30.0	809.2	728.3	90.0
41	RÍO YAQUI	SON	3,270.0	-	-	2,350.9	940.4	40.0
42	SAN BUENAVENTURA	CHIH	262.0	-	-	60.0	-	-
43	ESTADO DE NAYARIT	NAY	565.2	294.8	52.2	362.6	-	-
44	JILOTEPEC	MEX	171.0	-	-	-	-	-
45	TUXPAN	MICH	357.3	-	-	104.3	-	-
46	CACAHUATÁN Y SUCHIATE	CHIS	114.6	-	-	110.3	66.2	60.0
48	TICUL	YUC	206.0	-	-	-	-	-
49	RÍO VERDE	S.L.P.	38.0	-	-	47.0	-	-
51	COSTA HERMOSILLO	SON	1,500.0	-	-	-	-	-
52	ESTADO DE DURANGO	DGO	324.0	119.1	36.8	172.0	123.8	72.0
53	ESTADO DE COLIMA	COL	177.4	-	-	248.7	-	-
56	ATOYAC-ZAHUAPAN	TLAX	157.6	35.1	22.3	157.0	109.5	69.7
57	AMUCO-CUTZAMALA	GRO	835.5	41.8	5.0	91.9	-	-
59	RÍO BLANCO	CHIS	164.0	45.0	27.4	140.0	40.0	28.6
61	ZAMORA	MICH	274.4	109.7	40.0	234.4	117.2	50.0
63	GUASAVE	SIN	1,093.2	218.6	20.0	1,240.5	434.2	35.0

DISTRITO DE RIEGO	ESTADO	CANALES			DRENES			
		TOTALES	CON MALEZA		TOTAL	CON MALEZA		
		(km)	(km)	(%)	( Km )	(km)	%	
66	SANTO DOMINGO	B.C.SUR	650.0	-	-	-	-	-
68	TEPECOACUILCO-QUECHULTENANGO	GRO.	149.0	-	-	88.4	-	-
73	LA CONCEPCION	MEX	58.4	-	-	-	-	-
74	MOCORITO	SIN	421.3	105.3	25.0	395.5	276.9	70.0
75	RÍO FUERTE	SIN	2,279.1	650.0	28.5	2,614.0	1,300.0	49.7
76	VALLE DEL CARRIZO	SIN	513.2	102.6	20.0	54.9	35.2	64.1
81	ESTADO DE CAMPECHE	CAMP	47.0	-	-	120.0	-	-
82	RÍO BLANCO	VER	329.1	197.5	60.0	146.8	73.4	50.0
83	PAPIGOCHIC	CHIH	87.5	65.1	74.4	24.2	5.3	21.9
84	GUAYMAS	SON	-	-	-	-	-	-
85	LA BEGOÑA	GTO	154.6	-	-	155.4	25.0	16.1
86	SOTO LA MARINA	TAM	690.0	157.2	22.8	689.9	58.8	8.5
87	ROSARIO MEZQUITE	MICH-JAL	477.8	213.1	44.6	659.8	465.4	70.5
88	CHICONAUTLA	MEX	159.6	-	-	7.6	-	-
89	EL CARMEN	CHIH	145.2	-	-	207.1	-	-
90	BAJO RÍO CONCHOS	CHIH	230.0	107.7	46.8	177.0	16.7	9.4
92	RÍO PANUCO TAM	TAM	672.0	470.4	70.0	401.0	200.5	50.0
93	TOMATLÁN	JAL	450.0	128.8	28.6	179.0	125.3	70.0
94	SUR DE JALISCO	JAL	287.0	213.0	74.2	252.0	156.0	61.9
95	ATOYAC	GRO	130.0	-	-	74.8	74.8	100.0
96	ARROYO ZARCO	MEX	289.0	-	-	-	-	-
97	LÁZARO CÁRDENAS	MICH	1,284.0	770.4	60.0	205.8	144.0	70.0
98	JOSÉ MARÍA MORELOS	MICH	176.0	-	-	23.0	-	-
99	QUITUPAN- LA MAGDALENA	MICH	57.1	17.2	30.1	111.0	44.3	39.9
100	ALFAJAYUCAN	HGO	571.0	20.0	3.5	13.0	2.0	15.4
101	CUXTEPEQUES	CHIS	132.6	15.0	11.3	52.0	30.0	57.7
102	RÍO HONDO	QROO	46.6	-	-	-	-	-
103	RÍO FLORIDO	CHIH	169.0	-	-	57.1	-	-
104	CUAJINICUILAPA	GRO	100.0	100.0	100.0	103.8	103.8	100.0
105	NEXPA	GRO	149.0	149.0	100.0	25.0	25.0	100.0
107	SAN GREGORIO	CHIS	175.4	35.0	20.0	59.3	42.0	70.8
108	ELOTA-PIAXTLA	SIN	276.5	-	-	157.3	63.0	40.1
<b>TOTAL</b>			<b>49,119</b>	<b>9,840</b>	<b>20</b>	<b>29,574</b>	<b>14,207</b>	<b>48</b>

## ANEXO 3

## PARÁMETROS DE RENDIMIENTOS PROMEDIO PARA TRABAJOS DE CONTROL DE MALEZA

TIPO DE MAQUINARIA	CONCEPTO	RENDIMIENTO					UNIDAD
DRAGA		$3/4 \text{ yd}^3$	$1 \ 1/4 \text{ yd}^3$				
	Extracción de tule						
	Plantilla menor de 4 m						ha / he
	Material blando	0.043					ha / he
	Plantilla mayor de 4 m						
	Material blando	0.053	0.065				ha / he
	Material común	0.045	0.050				ha / he
	Extracción de lirio						
	Plantilla menor de 4 m	0.048					ha / he
Plantilla mayor de 4 m	0.050	0.055				ha / he	
EXCAVADORA HIDRÁULICA		$3/4 \text{ yd}^3$	$1 \ 1/4 \text{ yd}^3$				
	Extracción de tule						
	Plantilla menor de 4 m	0.040	0.045				ha / he
	Plantilla mayor de 4 m	0.057	0.060				ha / he
	Extracción de lirio						
	Plantilla menor de 4 m	0.036	0.043				ha / he
Plantilla mayor de 4 m	0.032	0.036				ha / he	
TRACTOR BULLDOZER		D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	
	Desmonte y desenraíce	0.100	0.120	0.170	0.220	0.310	ha / he
	Extracción de hidrila						
	Plantilla menor de 3 m			0.380			km / he
Plantilla mayor de 3 m			0.152			km / he	

## ANEXO 4

Especies, dosis, efectividad de los herbicidas autorizados y evaluados en E. U. A. para la maleza acuática y terrestre que infesta los canales y drenes de los distritos de riego en México. (Vega, 1994)

TIPO Y ESPECIE DE MALEZA	HERBICIDAS, DOSIS(kg de i.a*/ha) Y CONTROL(B = Bueno, R = Regular y M = Malo)													
	COMPS. DE COBRE		2,4-D (DMA)		DICAMBA		DIQUAT		ENDOTHAL		GLIFOSATO		SIMAZINA	
	Kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	K	%
PLANTAS MARGINALES														
<i>Acacia sp.</i>			2.8	B	*	R					4.5	R		
<i>Amaranthus sp.</i>			1.5	B	1.4	B	1.8	R			2.0	B	1.8	B
<i>Artemisa sp.</i>			2.5	B	*	M								
<i>Cynodon dactylon</i>					2.0	M					2.0	B		
<i>Echinochloa sp.</i>			2.2	M	2.0	R	1.0	R			1.8	B	1.8	R
<i>Malva parviflora</i>			1.5	B	2.0	R					4.0	B		
<i>Prosopis sp.</i>			3.5	R	2.5	R					4.5	B		
<i>Parkinsonia aculeata</i>			3.0	R	3.	R					5.0	R		
<i>Salsola sp.</i>			2.0	R	O	B	1.0	R			1.5	B	1.5	R
<i>Tamarix sp.</i>			3.5	R	1.5	R					4.0	B		
<i>Ricinus comunis</i>			1.5	B	2.5	R					3.0	B		
<i>Thitonia sp.</i>			1.2	B	1.5	B	1.5	B			3.3	B		
<i>Sorghum halepense</i>					1.5						4.0	B	2.0	M
<i>Parthenium sp.</i>						R	2.5	R			5.0	M		
<i>Panicum sp.</i>					2.5						2.5	B		
<i>Salix sp.</i>			4.5	B			3.0	R			4.5	R		

Nota: no se evaluaron dosis económicas

\* Ingrediente activo

Continuación...

TIPO Y ESPECIE DE MALEZA	HERBICIDAS, DOSIS(kg de i.a./ha) Y CONTROL(B = Bueno, R = Regular y M = Malo)														
	COMPS. DE COBRE		2,4-D (DMA)		DICAMBA		DIQUAT		ENDOTHAL		GLIFOSATO		SIMAZINA		
	Kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
PLANTAS EMERGIDAS															
<i>Typha sp.</i>			4.5	B	4.0	M	3.0	R				4.0	B		
<i>Juncus sp.</i>			3.5	B			2.5	R				4.0	B		
<i>Cyperus sp.</i>			4.0	R	3.5	R						4.5	B		
<i>Scirpus sp.</i>			3.5	B			2.5	M				4.0	B		
<i>Phragmites comunis.</i>												5.0	B		
<i>Polygonum sp.</i>			3.5	R	3.5	B	3.0	R				5.0	M		
<i>Ludwigia sp.</i>			3.0	B	3.0	M	2.5	R				4.5	M		
<i>Hydrocotile sp.</i>			3.5	R	3.0	B	3.0	B							
PLANTAS SUMERGIDAS															
<i>Hydrilla verticillata</i>	1*	R					3*	B	4*	B					
<i>Potamogetum sp.</i>							4*	R	3*	B			3.0	B	
<i>Najas spp.</i>							3*	B	3*	B			O	B	
<i>Ceratophyllum demersum</i>							2*	B	3*	B			2.5	R	
<i>Zoosterella dubia</i>			4.5	B	4.0	B	3*	B	4*	R			3.0	M	
<i>Myriophyllum sp.</i>							3*	B					3.0		

En partes por millón (ppm)  
\* Ingrediente activo

TIPO Y ESPECIE DE MALEZA	HERBICIDAS, DOSIS(kg de i.a./ha) Y CONTROL(B = Bueno, R = Regular y M = Malo)														
	COMPS. DE COBRE		2,4-D (DMA)		DICAMBA		DIQUAT		ENDOTHAL		GLIFOSATO		SIMAZINA		
	Kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
PLANTAS FLOTANTES															
<i>Eichhornia crassipes</i>			4.0	B	4.5	B	2.5	R				4.5	R		
<i>Pistia stratiotes</i>			4.5	M			2.5	B				4.0	R		
<i>Salvinia rotundifolia</i>							2.0	B							
<i>Lemna minor</i>			3.5	R	4.0	B	1.8	B						2.5	B
ALGAS COMO ESPECIE DE MALEZA															
<i>Chara sp.</i>	2*	R					3*	B	2*	B					
<i>Phitophora sp.</i>	2*	R					2*	B	2*	B					
Generos: <i>Spirogyra</i> ,	1*	R					2*	B	2*	B					
<i>Cladophora</i> , <i>Zygnema</i>	1*	R					2*	B	2*	B					
Generos: <i>Clorella</i> , <i>Aphanizomenon</i> .															

En partes por millon (ppm).

## BIBLIOGRAFÍA

## CAPITULO 1.

Gangstad, Edward O. and Ronald A. Stanley. 1987 *Environmental management of water projects*. Boca Ratón (US), CRC, 1987. 158pp.

México. SARH. IMTA. 1988 *Seminario taller Control y Aprovechamiento del Lirio Acuático*. México (MX), IMTA. (18-20 enero Mor, México) 600 pp.

México. SARH. IMTA. Subcoordinación de Calidad del Agua 1986 *Malezas acuáticas*. México (MX), SARH. 1986. 50 pp.

México. SARH. IMTA. Subcoordinación de Calidad del Agua 1988 *Informe final del proyecto control de eutroficación y malezas acuáticas*. México (MX), SARH, 1988. 86 pp.

México. SARH. Comisión Nacional del Agua 1977 *Aspectos ecológicos del combate de las plantas acuáticas*. Memorándum Técnico No. 361. México (MX), SARH. 39pp.

México. SARH. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Distritos de Riego. Subgerencia de conservación. 1991 *Problemática general de conservación normal y diferida de los distritos de riego que requieren investigación*.

México. SARH. Departamento de control y aprovechamiento de malezas acuáticas 1981 *Inventario nacional de malezas acuáticas y su distribución*.

US Army Corps of Engineers. 1987 *Proceedings 21th. annual meeting, aquatic plants control research program 17-november-1986*. Mobile, Alabama. Environmental laboratory US Army Engineer Waterways experiment station Mississippi. US pp 256.

## CAPITULO 2.

Aguilar. Z.J.A. 1994. *Control de lirio acuático en el distrito de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo*. Anexo No. 2 en: Informe final del Proyecto Control Integral de Malezas en Canales y Drenes en los Distritos de Riego. 80 pp.

Arreguín, C.F. y Gutiérrez, E. 1993. *Programa de control de maleza acuática*. CNA. IMTA.

Center, T. D.; Cofrancesco, A.F. and Balciunas, J.K. 1989. *Biological control of aquatic and wetland weeds in the southeastern United States*. Proc. VII Int. Sym Biol. Contr. Weeds, 6-11. March, 1989. Rome, Italy. Delfosse, E.S. (ed) Ist. Sper. Patol. Veg. (MAF). pp 239-262.

-----*Do water hyacinth leaf age and ontogeny affect intra-plant dispersion of Neochetina eichhorniae (Coleoptera:Curculionidae) eggs and larvae?*. Environmental Entomology. 16: 699-707. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, Aquatic Plant Management Laboratory. 1987. Fort Lauderdale, Florida. U.S.A.

-----; Durden, C.W. *Variation in water hyacinth/weevil interactions resulting from temporal differences in weed control efforts*. 24: 28-38. Aquatic Plant Management Laboratory. ARS, U.S. Dept. Agriculture.1986. Fort Lauderdale, Florida. U.S.A.

-----; Wright, A.D. *Age and phytochemical composition of water hyacinth (Pontederiaceae) leaves determine their acceptability to Neochetina eichhorniae (Coleoptera: Curculionidae)*. Environmental Entomology. 20 (1): 323-334.1991. Fort Lauderdale, Florida.U.S.A.

Comisión Nacional del Agua. 1992. Informe Técnico. *Descripción física del Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Culiacán, Sin.*

Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal en Sinaloa. 1991. *Información básica del Distrito de Riego No. 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo. Culiacán, Sin.* 90 pp.

Gaviño,,G.; Juárez, C.; Figueroa, H. 1975. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. Limusa. México, D.F. pp. 111-123.

Gopal, B. 1987. *Waterhyacinth*. Elsevier. Amsterdam.

Irving, N.S. 1981. *ODA/Sudan government waterhyacinth biological control programme*. January 1979-March 1981. Final Report.

Labrada, R.; J.C. Caseley and Parker, C. 1994. *Weed management for developing countries*. FAO. *Plant production and protection*. Paper 120. Rome. Italy.

Wright, A.D. 1984. *Effect of biological control agents on waterhyacinth in Australia*. *Proceedings of the international conference on waterhyacinth*. Thyagarajan, G. (ed). Hyderabad, India. February, 7-11, 1983.

### **CAPITULO 3.**

C.N.A. 1993. *Manual sobre maquinaria de conservación en Distritos de Riego*. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, Gerencia de Distritos de Riego. IMTA, Jiutepec, Mor. México. 64. pp.

FAO. 1987. *Manejo de malezas*. Manual del instructor. Colección FAO: Capacitación No. 12. Roma, Italia. 161 pp.

Vega, N. R. 1994. Notas del curso: *Control integrado de la Maleza en canales y drenes*. IMTA-CNA. Jiutepec, Mor. México. 1994.

Vega, N. R. 1993. *Programa de control integrado de la maleza en canales y drenes del DR: 041 "Río Yaqui"*, Son. Reporte técnico. IMTA-CNA. 45 pp.

Westerdahl H. E. and Getsinger, K. D. eds. 1988. *Aquatic plant identification and herbicide use guide*. Vol. II: Aquatic plants and susceptibility to herbicides. Technical report A-88-9, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mis. U.S.A.

### **CAPITULO 5.**

Carrero, J.M..1996. *Maquinaria para tratamientos fitosanitarios. Métodos y aparatos para aplicación de plaguicidas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 159 pp.

CICOPLAFEST. 1994. *Plaguicidas autorizados*. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH. México.

FAO. 1987. *Manejo de malezas. Manual del instructor*. Colección FAO: Capacitación No. 12. Roma, Italia. 161 pp.

Klingman, G. C. y Ashton, F. M. 1980. *Estudio de las plantas nocivas. Principios y prácticas*. Ed. Limusa, México. 449. pp.

Lewis, G., W. and J. F. Miller. 1980. *Identification and control of weeds in Southern Ponds*. The University of Georgia. Cooperative Extension Service. College of Agriculture/Athens. 29 pp.

Vega, N. R. 1994. Notas del curso: *Control integrado de la Maleza en canales y drenes*. IMTA-CNA-FAO. Jiutepec, Mor. México. 1994.

Westerdahl H. E. and Getsinger, K. D. eds. 1988. *Aquatic plant identification and herbicide use guide*. Vol. II: Aquatic plants and susceptibility to herbicides. Technical report A-88-9, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mis. U.S.A.

## **CAPITULO 6.**

Odum, Eugene P. 1972. *Ecología*. 3ª edición. Ed. Interamericana. S.A. de C.V.

Kucera, Clair. L. 1976. *El reto de la ecología*. Ed. CECSA.

Salvat M. 1973. *La ecología*. Salvat editores, S.A.

## **CAPITULO 9.**

CICOPLAFEST. 1994. *Plaguicidas autorizados*. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH. México.

C.N.A. 1993. *Manual sobre maquinaria de conservación en Distritos de Riego*. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, Gerencia de Distritos de Riego. IMTA, Jiutepec, Mor. México. 64. pp.

FAO. 1987. *Manejo de malezas. Manual del instructor*. Colección FAO: Capacitación No. 12. Roma, Italia. 161 pp.

IMTA. 1994. *Prontuario del agua. Datos básicos de la hidráulica en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor. México. 13 pp.

Vega, N. R. 1994. Notas del curso: *Control integrado de la Maleza en canales y drenes*. IMTA-CNA. Jiutepec, Mor. México. 1994.

Vega, N. R. 1993. *Programa de control integrado de la maleza en canales y drenes del DR: 041 "Río Yaqui"*, Son. Reporte técnico. IMTA-CNA. 45 pp.

Westerdahl H. E. and Getsinger, K. D. eds. 1988. *Aquatic plant identification and herbicide use guide*. Vol. II: Aquatic plants and susceptibility to herbicides. Technical report A-88-9, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mis. U.S.A.

## CAPITULO 10.

Camarena, M.O. 1994 *Programa de control de hydrilla en los distritos de riego en México*  
En: XIII Congreso Nacional de Hidráulica. Puebla, México (21 al 24 de septiembre de 1994)

-----1994 *Investigación y programas de control de maleza acuática en distritos de riego de México*. En: XV Congreso Nacional de ASOMECEMA. Mazatlán, Sin.

Camarena M.O., Aguilar Z.J. 1995 *Control de maleza acuática en canales y drenes de los distritos de riego* En: VI Congreso Nacional de Irrigación. ANEI. A.C. Chapingo. Edo. de México.

Camarena M.O., Aguilar Z.J. y Vega N.R. (1994) "Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego". Informe del Proyecto RD-9510. IMTA. Cuernavaca, Mor.

-----1995 *Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego*. Informe final del integral de hydrilla. Informe del Proyecto RD-9310. IMTA. Cuernavaca, Mor.

Jaimes, G.J., Camarena, M.O. y Robles, R. V.1996 *Monitoring Weed Control in Irrigation Districts by a Geographic Information System*. En: Sixth International Conference on Computer in Agriculture Proceedings of the International /Simposim. Cancún, México p. 621-626.

Lomelí, V J.R., Camarena M.O. y Aguilar Z.J. 1993 *Evaluación de equipo ligero de conservación y control integral de hydrilla*. Informe del Proyecto RD-9310. IMTA. Cuernavaca, Mor.

