

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país.

Experiencias desde 1990



Ovidio Camarena Medrano

José Ángel Aguilar Zepeda



El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (Experiencias desde 1990)

Coordinación de Riego y Drenaje
M. C. Ovidio Camarena Medrano
M. C. José Ángel Aguilar Zepeda

Diciembre 2012

632.5 Camarena Medrano, Ovidio

M35 El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (experiencias desde 1990) / Ovidio Camarena Medrano y José Ángel Aguilar Zepeda. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2012.

78 p.

ISBN: 978-607-7563-64-8.

I. Malezas acuáticas 2. Control biológico 3. Distritos de riego 4. México

Autores:

M. C. Ovidio Camarena Medrano

M. C. José Ángel Aguilar Zepeda

Colaboradores del proyecto:

M. C. Ramiro Vega Nevárez

M. C. Ramón José I. Lomelí Villanueva

M. I. Rafael Espinosa Méndez

Coordinación editorial:

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Coordinación de Comunicación, Participación e
Información

Subcoordinación de Vinculación, Comercialización y
Servicios Editoriales

Primera edición: 2012

DR © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532,

62550 Progreso, Jiutepec, Morelos

México

www.imta.org.mx

ISBN: 978-607-7563-64-8.

Impreso en México-Printed México

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO CONTROL DE MALEZA ACUÁTICA

Este proyecto se realizó en los distritos de riego durante más de una década. Participaron autoridades y técnicos de los distritos y módulos de riego, e investigadores y técnicos de centros educativos y de desarrollo.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)	
Gerencia de Distritos y Unidades de Riego	Ing. Antonio Dávila Capiterucho e Ing. María del Rosario Angulo.
DR 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa	Ing. Juan García Molina, Ing. Alfredo Araujo Beltrán, Ing. José Trinidad Contreras Morales e Ing. Marco Antonio Gaxiola Rivera.
DR 014 Río Colorado, Baja California	Ing. Galdino D. González Covarrubias, Ing. Fernando Mercado García, Ing. Jorge Montero Cortez y Abraham Hernández Garibay, Ing. Carlos Van Dick, Ing. Carlos Bielma y Cipriano Roldán Estrada
DR 018 Colonias Yaquis, Sonora	Ing. Porfirio Lozano, Ing. Alfredo Landavazo Rascón, Ing. José Roberto Ayala Lagarda, Ing. Francisco Manuel Valle Ibáñez, C. Marco Antonio Flores Domínguez, Ing. Jesús Enrique Jara Valenzuela, Téc. Ángel Minjares Agüero y Trinidad Minjares Agüero.
DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán	Ing. José Luis Duarte Aranda, Ing. Ing. José Alfredo Cervantes Gómez e Ing. Arceo Villanueva.
DR 029 Xicoténcatl y 039 Río Frío, Tamaulipas	Ing. Armando Silva Escobedo e Ing. Efraín Honorato Nieto.
DR 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas	Ing. José Ma. Labrada, Ing. Claudio Medina, Ing. Elías Calderón Jáquez, Ing. Jaime Garza, Ing. José García Rodríguez, Ing. Antonio Camacho Ayala e Ing. Inocencio Dávila López.
DR 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas	Ing. Claudio Medina e Ing. Edgar Rodríguez.
DR 030 Valsequillo, Puebla (Gerencia Estatal de Puebla)	Ing. Jaime Joel Gutiérrez Arroyo, Ing. Enrique Baños Gamboa y Quím. R. Guadalupe Cervantes Casillas.
DR 039 Río Frío, Tamaulipas	Ing. Armando Silva Escobedo, Ing. Óscar Rodríguez e Ing. Efraín Honorato Nieto.
DR 041 Río Yaqui, Sonora	Ing. Porfirio Solano.
DR 061 Zamora, Michoacán	Ing. Francisco Maldonado Pulido e Ing. Manuel Rojas Pimentel.
DR 074 Mocorito, Sinaloa	Ing. Juan García Molina e Ing. Alfredo Araujo Beltrán
DR 075 Río Fuerte, Sinaloa	Ing. Jorge A. Lomelí Osuna
DR 086 Soto la Marina, Tamaulipas	Ing. Eduardo Rodríguez Contreras, Armando Silva Escobedo, Ing. Ricardo Pereira, Ing. Juan Manuel Vallejo Olivares y C. Francisco Jahuey Amaro.
DR 092 Pánuco, Veracruz	Ing. Jaime Aguilar Contreras e Ing. Arturo Muñiz Osorio.
SOCIEDADES Y MÓDULOS DE RIEGO	
DR 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa	Diferentes autoridades y técnicos de los 18 módulos. En particular; del Módulo II-2, Ing. Severo Gutiérrez Beltrán e Ing. Andrés Varela Sandoval.

Distrito de Riego Río Colorado S. de R. L. de IP, en DR 014 Río Colorado, Baja California	Ing. Miguel Soto, Ing. Carlos Castro González, Ing. Eduardo Pérez, Ing. Jorge Corrales Vargas e Ing. Rigoberto López.
Módulo III-I, Santa Rosa (DR 075 Río Fuerte, Sinaloa)	Luis M. Ramírez García, C. Ricardo Ávila Quiñónez, Ing. Juan Carlos Rivera Haro e Ing. Efraín Moya.
COLEGIO DE POSTGRADUADOS	
Centro de Entomología y Acarología	Dr. Alejandro Pérez Panduro y Biól. Beatriz Andrade Domínguez.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS (UAT)	
Facultad de Agronomía	Dra. Virginia Vargas Tristán.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA (UAS)	
Facultad de Agronomía	Dr. Germán Bojórquez Bojórquez.
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS (CILA)	
Representación en Reynosa, Tamaulipas	Ing. Jesús Carlos Navarro López. (†). Ing. Felipe Chalons.
Representación en Mexicali, Baja California.	Ing. Francisco A. Bernal Rodríguez.
DIRECCIÓN GENERAL DE ACUACULTURA Y DELEGACIONES ESTATALES (SEMARNAP)	
Delegación Federal de Hidalgo Centro Acuícola Tezontepec, Hidalgo	Biól. Jorge Valdiviezo y Biól. Ana Ligia Murillo Galindo.
Delegación Federal de Sinaloa Centro Acuícola El Varejónal, Sinaloa	Biól. Benjamín Acosta Martínez.
Delegación Federal de Tamaulipas Centro Acuícola Vicente Guerrero, Tamaulipas	
Planta potabilizadora, Matamoros, Tamaulipas	Ing. Noé Escobedo.
Junta de Administración, Operación y Mantenimiento, Díaz Ordaz, Tamaulipas	Biól. Ángel J. Tamez Galván.
COORDINACIÓN Y APOYO INTERNACIONAL	
Imperial Valley Irrigation District. California, EUA	Dr. Randall Stocker e Ing. Pablo Cortés.
Weed Control & Channel Maintenance, Egypt	Dr. Ahmed Fakhry Kattab.
ARS Invasive Plant Research, Florida, EUA	Dr. Ted D. Center.
Grassland, Soil and Water Research Laboratory del USDA en Temple, Texas, USA	Dr. Jack C. DeLoach.
USDA APHIS (Programa de Control de Hydrila en el DR 014 Río Colorado, Baja California, México)	Ing. Dale D. Rush, C. Ricardo Hernández Palacios e Ing. Fausto Valle Rodríguez.

Gracias a todos por sus valiosas aportaciones.

Un agradecimiento especial al Soc. Germán Faustino Palma Moreno por su valiosa contribución en la redacción del presente documento.

	Pág
PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVO	13
MÉTODO Y RESULTADOS	15
<i>Integración de equipo de trabajo</i>	15
Relación con distritos de riego	15
Relación con centros educativos	17
Relación con otras instituciones	19
Relación internacional	20
<i>Parcelas de experimentación y demostración</i>	21
Parcela de lirio con neoquetinos	21
Parcela de maleza sumergida con carpa herbívora	23
<i>Liberaciones abiertas o masivas</i>	26
Liberaciones abiertas de los neoquetinos	26
Lago de Chapala, efecto indirecto del control biológico	29
Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo)	31
Liberaciones abiertas de carpas herbívoras	31
Apoyo de centros acuícolas	35
<i>Seguimiento del proyecto de control de maleza acuática</i>	36
Para el lirio acuático y neoquetinos	36
Para la maleza sumergida y carpa herbívora	37
Difusión del Programa de Control de Maleza	37
<i>Reuniones con EUA sobre maleza acuática</i>	43
Maleza acuática en el Río Bravo	43
Maleza acuática en el Río Colorado	46

<i>Programa de Salvinia molesta en el DR 014 Río Colorado, Baja California, México</i>	49
<i>Otros estudios y líneas de investigación o desarrollo.</i>	53
Control biológico de lirio acuático mediante la palomilla (<i>Nymphograpta albiguttalis</i>)	53
Control biológico de tule (<i>Typha</i> sp) mediante hongos	55
Control químico y biológico del lirio chino o cebollín (<i>Hymenocallis sonorensis</i>)	56
Inventario y seguimiento de maleza acuática en zonas de riego	58
Optimización de la maquinaria y equipo para el mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola de las zonas de riego.	60
Uso de pesticidas para el control de maleza en zonas de riego	61
<i>Inversión del programa de control de maleza acuática en distritos de riego</i>	62
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Acciones del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego.	13
Fotografía 2. Reuniones de trabajo con autoridades de módulos y distritos de riego.	16
Fotografía 3. Participación de investigadores de centros educativos en el Programa.	18
Fotografía 4. Centros acuícolas que participaron en el Programa.	19
Fotografía 5. Interacción con expertos de instituciones de otros países.	20
Fotografía 6. Parcelas experimentales-demostrativas de la viabilidad del neoquetino.	22
Fotografía 7. Tramos experimentales de carpa herbívora.	24
Fotografía 8. Sublateral I6+400, tramo testigo y experimental.	25
Fotografía 9. Presas sin lirio, por efecto del control biológico en el 2000.	27
Fotografía 10. Dique Batamote, con I34 ha infestadas de lirio (antes de 1994).	28
Fotografía 11. Dique Batamote bajo control biológico (1997 a 2012).	28
Fotografía 12. Reuniones de trabajo con autoridades de módulos y distritos de riego.	29
Fotografía 13. Lago de Chapala (abril 2006, recorrido antes de aplicación de herbicida).	30
Fotografía 14. Canal Anzaldúas (10 km). Control biológico de hydrila por varios años.	34
Fotografía 15. Registro del proceso del Programa de Control de Maleza y su impacto.	38
Fotografía 16. Jornadas técnicas o foros de divulgación.	40
Fotografía 17. Cursos sobre maleza acuática.	41
Fotografía 18. Río Bravo con problemas de lirio acuático e hydrila (2000).	44
Fotografía 19. Reunión binacional México-EUA (1998).	45
Fotografía 20. Participación en reuniones (Lower Colorado River Salvinia Task Force).	47
Fotografía 21. Reuniones (CONAGUA, CILA, USUARIOS, USDA y personal del IMTA).	49
Fotografía 22. Acciones de seguimiento de salvinia.	51
Fotografía 23. Taller sobre la salvinia dirigido a técnicos de los módulos de riego.	52
Fotografía 24. Salvinia en 183 km de canales, DR 014 Río Colorado (agosto 2002).	52
Fotografía 25. Colecta de <i>Nymphograptus</i> en Tuxpango, Veracruz (1996).	54
Fotografía 26. <i>Nymphograptus albigutallus</i> en canales del DR 024 (2003).	55
Fotografía 27. Estudio de tule en drenes del DR010 Culiacán-Humaya, Sin.	56
Fotografía 28. Estudio del lirio chino.	57
Fotografía 29. Experimentación del control biológico del lirio chino.	57
Fotografía 30. Especies que afectan canales de riego.	59
Fotografía 31. Evaluación del equipo ligero.	60
Fotografía 32. Aplicación de herbicida en el dique Hilda del DR 010.	62

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Distritos en los que se realizaron actividades del programa.	16
Cuadro 2. Convenios de colaboración celebrados con centros educativos.	17
Cuadro 3. Instituciones de apoyo.	20
Cuadro 4. Investigadores asesores.	21
Cuadro 5. Distritos donde se realizaron parcelas experimentales-demostrativas.	22
Cuadro 6. Distritos de riego con parcelas de carpa herbívora.	23
Cuadro 7. Liberaciones abiertas de neoquetinos en los distritos de riego.	26
Cuadro 8. Liberaciones abiertas o masivas de la carpa herbívora.	32
Cuadro 9. Audiovisuales elaborados durante el programa.	38
Cuadro 10. Jornadas técnicas y cursos para difundir el control biológico.	40
Cuadro 11. Informes anuales y otros documentos.	42
Cuadro 12. Reuniones binacionales en las que se participó.	44
Cuadro 13. Reuniones de <i>Lower Colorado River Giant Salvinia Task Force</i> .	48
Cuadro 14. Especies de maleza acuática más representativas de distritos del Noroeste del país.	58
Cuadro 15. Ingresos para el programa (1992-2002).	63

PRÓLOGO

A principios de los años noventa, como resultado de un diagnóstico de la situación de la maleza acuática en la red de infraestructura de los distritos de riego de México, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), bajo el auspicio de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), desarrolló un programa por más de una década para resolver la problemática mediante acciones de investigación, validación y transferencia de tecnología.

El programa se enfocó principalmente al lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y a la maleza sumergida, por ser las plantas acuáticas que más afectan la operación de infraestructura de riego.

Como resultado del esfuerzo colectivo, se definieron estrategias y la metodología para resolver su carácter malezoide y poder manejar las plantas sin que representara problema alguno, mediante el uso de agentes de control biológico. Para el lirio se validaron los insectos denominados neoquetinos (*Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi*) y para las diferentes plantas sumergidas se empleó la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*).

Se demostró que la reducción del lirio y maleza sumergida son viables y factibles con este manejo biológico, y que dicho control puede ser por varios años e, inclusive permanente, mediante un adecuado seguimiento del programa, reduciendo de esta manera los altos costos de control que se realizan periódicamente de forma mecánica.

En tres distritos de riego se ha logrado mantener diques y presas libres de lirio por 16 años continuos con grandísimos beneficios económicos, productivos, sociales, recreativos, estéticos y de salud. De igual manera, en canales de algunos distritos se ha logrado mantener bajo control la maleza sumergida, como la hydrila (*Hydrilla verticellata*), por varios años consecutivos.

Para tener cuerpos de agua y distritos de riego libres del problema de lirio y de maleza sumergida, se requiere aplicar una política de control biológico por parte de CONAGUA y de los propios distritos y módulos de riego.

Este trabajo pretende dejar constancia de la trayectoria del Programa de Control de Maleza Acuática y de sus logros, además de plantear la necesidad de que las propuestas se consideren en la política nacional de manejo de maleza acuática, para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo en los distritos de riego.

Las propuestas de este manejo representan una gran oportunidad para el país de hacer frente a los problemas de conservación y operación que provoca la maleza acuática en los distritos de riego y, en general, en cualquier cuerpo de agua de la nación, máxime la amenaza del calentamiento global que sugiere un recrudecimiento de la propagación y crecimiento explosivo de la maleza en los diferentes cuerpos de agua afectados.

M. C. Fernando Fragoza Díaz
Coordinador de Riego y Drenaje



INTRODUCCIÓN



En diciembre de 1991, el International Program for Technology Research in Irrigation and Drainage (IPTRID), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) estudiaron las condiciones de cinco distritos de riego del país y formularon la propuesta *Mexico Proposal for Technology Research in Irrigation and Drainage*, donde se señala que el crecimiento de la maleza acuática es un problema crítico en México, tanto en los ríos (Culiacán y Lerma), como en canales y drenes de los distritos de riego visitados. Quedó consignada como una prioridad de investigación tecnológica para la irrigación y el drenaje. Así, desde 1992, al interior del IMTA se inicia un proyecto relacionado para combatir y controlar la maleza acuática en distritos de riego. A partir de entonces, se estudiaron las experiencias en los distritos y en distintos cuerpos de agua de México y otros países.

Ese Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego tuvo como objetivo investigar, validar y transferir tecnología en su manejo, en particular, para el lirio acuático y maleza sumergida.

Para entender la inquietud y preocupación, baste señalar que en 1996 la Subgerencia de Conservación, de la Gerencia de Distritos y Unidades de Riego de la CONAGUA, realizó una revisión del problema sobre la maleza en los distritos de riego, en la que se registraron 9,840 km de canales infestados (20% del total) y 14,206 km de drenes infestados (48% del total), que reflejaba la situación en las últimas dos décadas.

En los distritos se acepta por autoridades, técnicos y productores que el control de maleza es algo recurrente e inevitable. Cada año se tiene el problema de infestaciones de maleza, que aumenta conforme se incrementan las temperaturas durante el

año. Cuando afectan severamente la operación, taponando las compuertas, afectando el área hidráulica, reduciendo la velocidad de conducción y el volumen distribuido, es cuando se combate la maleza, generalmente en forma mecánica. Este control puede requerirse una o varias veces al año, dependiendo de la gravedad de la afectación.

El lirio acuático se combate, por lo regular, con dragas, retroexcavadoras y trituradoras. En ocasiones, se han llegado a emplear químicos que reducen los costos y también severamente la maleza. Sin embargo, tanto el control mecánico como el químico implican aplicarse periódicamente, por lo que no resuelven el problema de fondo.

Bibliográficamente, se conocía la eficiencia de agentes biológicos empleando neoquetinos (*Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi*) para el control del lirio acuático, y carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) para la maleza sumergida. Así que, de acuerdo con los diferentes responsables de los distritos de riego, se planearon acciones de investigación, validación y demostración de estos métodos de control para determinar su efectividad y eficiencia en los canales y cuerpos de agua de los distritos de riego del país.

El control del lirio, al igual que el de la hydrila y otras plantas sumergidas, se realizaba mecánicamente, pero en pocos meses se volvía a reinfestar, en un proceso cíclico. Actualmente, sucede lo mismo.

Existían varias experiencias de control químico, pero por la necesidad de emplear el agua para fines de consumo humano, su uso se ha limitado y planeado sólo para fines urgentes. Esto condujo a que en el Programa se hicieran ciertas pruebas con químicos, pero en forma muy restringida.

El Programa se aplicó en diferente intensidad en 16 distritos de riego y se logró la coordinación y apoyo de tres Instituciones educativas, dos centros piscícolas y de investigadores de cuatro Instituciones internacionales (tres de Estados Unidos [EUA] y uno de Egipto).

Se establecieron trabajos experimentales, de validación y masivos que permitieron definir una tecnología para reducir y mantener bajo control el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), y otra para la maleza sumergida, tal como la hydrila (*Hydrilla verticillata*) y la cola de zorra (*Ceratophyllum demersum*), bajo un esquema de control integral basado en el método biológico con insectos denominados neoquetinos (*Neochetina bruchi* y *Neochetina eichhorniae*), y con la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), respectivamente.

Los resultados se han presentado en los informes anuales del proyecto, así como en numerosos artículos en congresos, particularmente de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza (ASOMECEMA), y un artículo especializado sobre la metodología empleada en el control del lirio en la revista *Biocontrol* (Aguilar et al, 2003).

De igual manera, este libro es introductorio de otros dos que detallan las experiencias resultantes de la estrategia y metodología del control biológico del lirio acuático y de la maleza sumergida.

Asimismo, en este documento se presenta un recorrido de lo realizado y de cómo se ha llevado a cabo, para dejar constancia de un proceso de trabajo que ha resultado valioso para integrar esfuerzos, recursos y experiencias, además de aportar estrategias y metodologías para manejar la maleza acuática en los distritos de riego de México.

OBJETIVO

Presentar el proceso y resultados del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego del país, realizado por la Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA, enfatizando:

- La coordinación interinstitucional y la formación de un equipo de trabajo.
- El proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica en el control de maleza acuática en distritos de riego.
- La estrategia y metodología de reducción y control biológico de lirio acuático.
- La estrategia y metodología de reducción y control biológico de maleza sumergida.
- Los beneficios de la inversión en programas de control de maleza acuática.

Fotografía 1. Acciones del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego.





MÉTODO Y RESULTADOS



INTEGRACIÓN DE EQUIPO DE TRABAJO

La estrategia fundamental que se ha manejado para el desarrollo de este Programa ha sido interactuar directamente con autoridades, personal técnico y productores de los distritos y módulos de riego, así como incorporar al proceso del proyecto la participación de investigadores de diferentes instituciones educativas y de desarrollo.

Relación con distritos de riego

En los diferentes distritos de riego (DR) en los que se trabajó desde 1992 hasta 2000 (Cuadro 1), la intención fue siempre aprender y respetar las experiencias y conocimiento, tanto de los técnicos como de los productores. Esta actitud fomentó una participación y una formación de equipo con un interés genuino de contribuir en la definición de alternativas y acciones para solucionar el problema de la maleza acuática.

Con la participación activa de las autoridades del propio distrito, se aseguró la colaboración y participación institucional, dándose todas las facilidades para la ejecución del Programa (Fotografía 2).

De esta manera, aunque el tiempo y la intensidad de trabajo variaron en cada uno de los distritos, se obtuvieron buenas experiencias en cada uno de ellos. En algunos distritos, también se contó con la participación decidida de técnicos y autoridades de las propias organizaciones de productores, como son los módulos de riego y las Sociedades de Responsabilidad limitadas (SRL).

Cuadro I. Distritos en los que se realizaron actividades del programa.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA GERENCIA DE DISTRITOS Y UNIDADES DE RIEGO	
DR 010	Culiacán- Humaya, Sinaloa.
DR 014	Río Colorado, Baja California.
DR 018	Colonias Yaquis, Sonora.
DR 024	Ciénega de Chapala, Michoacán.
DR 025	Bajo Río Bravo, Tamaulipas.
DR 026	Bajo Río San Juan, Tamaulipas.
DR 029	Xicoténcatl, Tamaulipas.
DR 030	Valsequillo, Puebla.
DR 038	Río Mayo, Sonora.
DR 039	Río Frío, Tamaulipas.
DR 041	Río Yaqui, Sonora.
DR 061	Zamora, Michoacán.
DR 074	Mocorito, Sinaloa.
DR 075	Río Fuerte, Sinaloa.
DR 086	Soto la Marina, Tamaulipas.
DR 092	Pánuco, Veracruz.



DR 010 Culiacán-Humaya.



DR 018 Colonias Yaquis.



DR 025 Bajo Río Bravo.



DR 075 Río Fuerte. Módulo Santa Rosa.

Fotografía 2. Reuniones de trabajo con autoridades de módulos y distritos de riego.

El punto de partida fue la experiencia acumulada del personal técnico, de los propios usuarios y de las alternativas técnicas disponibles localmente.

Se estudiaron los métodos empleados y sus resultados; al mismo tiempo se buscaron bibliográficamente métodos biológicos que pudiesen representar alternativas más económicas y de mayor eficiencia.

Relación con centros educativos

Para lograr resultados más expeditos y con mayores recursos humanos y materiales, se integraron equipos de trabajo en los que se involucró a universidades a través de convenios

de colaboración, en los que el IMTA aportó los recursos económicos (Cuadro 2). En la Fotografía 3 se puede observar a investigadores de las universidades participantes.

Es importante mencionar al M. C. Alejandro Pérez Panduro, investigador del Colegio de Postgraduados, con quien en 1993 se iniciaron los trabajos experimentales en laboratorio con los neoquetinos traídos de EUA en las parcelas del DR 010.

En el caso de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el Dr. Germán Bojórquez Bojórquez se integró en 1996 al grupo colectivo y le dio fortaleza a las acciones locales de Sinaloa, con participación de colaboradores y estudiantes.

Cuadro 2. Convenios de colaboración celebrados con centros educativos.

Institución	Convenio
Colegio de Postgraduados	Anexo 7, 1993 Control Biológico de Lirio Acuático en el Distrito 010, Culiacán-Humaya-San-Lorenzo en Sinaloa.
	Anexo 22, 1996 Producción masiva de <i>Neochetina bruchi</i> , <i>N. eichhorniae</i> Warner (Coleoptera: Curculionidae), y saneamiento y evaluación de <i>Sameodes albiguttalis</i> (Warren) (Lepidoptera: Pyralidae) como biocontroladores del lirio acuático.
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT). Facultad de Agronomía.	Anexo 1, 1994 Desarrollo y control integral de la hydrila en los DR 025, Bajo Río Bravo, y 086, Soto la Marina.
	Anexo 3 1996. Control biológico con carpa herbívora de la hydrilla (<i>Hydrilla verticillata</i> L.f. Royle) en el DR 086, Soto La Marina, Tam., que presenta la UAT.
	Anexo 1, 1998 Programa de control biológico de la hydrila (<i>Hydrilla verticellata</i> (L. f. Royle) en distritos de riego de Tamaulipas.
	Anexo 3, 2000 Programa de investigación del control de maleza en distritos de riego de Tamaulipas.
Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) Facultad de Agronomía.	Anexo 5, 1996 Identificación de especies y el seguimiento de control biológico de lirio acuático y cola de mapache.
	Anexo 8, 1998 Evaluación del impacto provocado por los agentes de control biológico sobre las especies en maleza acuática, que afectan canales y drenes de los distritos de riego 010 y 074, mediante el seguimiento y estudio de los organismos involucrados y de las plantas hospederas.
	Anexo 11, 1999. Estudio, descripción y documentación del impacto provocado por los agentes de control biológico (<i>Neochetina bruchi</i> , <i>N. Eichhorniae</i> , <i>Ctenopharyngodon idella</i> y diversos hongos, sobre lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>), cola de mapache (<i>Ceratophyllum demersum</i>), cola de caballo (<i>Potamogeton pectinatus</i>), zurrapa (<i>Najas guadaulpensis</i>) y tule (<i>Typha domingensis</i>).
	Anexo 16, 2000 Seguimiento al Programa de Control Biológico de Maleza Acuática en infraestructura hidroagrícola del área de influencia de los DR 010 y 74, Culiacán-Humaya, y Mocorito, Sinaloa.



Centro acuícola Tezontepec, Hidalgo.



Universidad Autónoma de Tamaulipas.



Universidad Autónoma de Sinaloa.



Colegio de Postgraduados.

Fotografía 3. Participación de investigadores de centros educativos en el Programa.

Por parte de la Universidad de Tamaulipas, la Dra. Virginia Vargas Tristán ha contribuido desde 1994 en el colectivo, dando mayor auge a las acciones del manejo de la carpa herbívora en los distritos de riego del estado, e integrando colaboradores y estudiantes de la universidad.

Estos equipos de trabajo alcanzaron su auge en el 2000, cuando se tenía una perspectiva muy interesante que traería enormes frutos en el proceso de investigación, validación y la transferencia tecnológica en el control de maleza acuática para resolver ese problema en los distritos de riego del país.

En las universidades, se fomentó un campo o línea de investigación donde la coordinación entre investigadores dio resultados de enorme importancia para el proceso de mejora de las

estrategias y metodologías para el control de la maleza acuática. Pero, tal vez, lo más valioso es que se empezaba a consolidar la interacción entre autoridades, investigadores, técnicos y productores para resolver los problemas que se viven en los distritos de riego, en un proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica.

Por otra parte, a las universidades les permitía encausar a estudiantes hacia esta línea de trabajo, apoyando o realizando estudios o trabajos experimentales que, incluso, llegaron a constituirse en sus tesis profesionales.

La CONAGUA no lo vio así y simplemente interrumpió el financiamiento aduciendo que era "responsabilidad de los productores darle continuidad". Se truncó completamente este proceso. Por otra parte, las autoridades del IMTA

tampoco consideraron importante mantener esta línea de trabajo al interior de la Coordinación de Riego y Drenaje y, en los siguientes años, ni siquiera se aprobaron proyectos internos. Sólo se ha podido continuar cierto seguimiento a través de la comunicación personal con técnicos de los distritos e investigadores, y mediante intercambios de las universidades.

Cuando exista mayor visión institucional y verdadero interés en resolver los problemas en campo, se podrá retomar este proceso de interacción con universidades y distritos de riego.

La inversión que se realizó en estos convenios tuvo un fuerte impacto en el desarrollo del proyecto, que se refleja en los resultados obtenidos. Se vislumbraban grandes logros en el ámbito

nacional mediante los equipos formados, pero la falta de recursos truncó estas posibilidades.

Relación con otras instituciones

Para llevar a cabo diferentes acciones con los agentes de control, particularmente con la carpa herbívora, se contó con la participación de la Dirección General de Acuicultura y con diferentes centros acuícolas de distintas delegaciones estatales que brindaron una gran asesoría en el manejo de la carpa (Cuadro 3). El Centro Acuícola de Tezontepec, en Hidalgo, aportó las crías de carpa herbívora, y los demás brindaron su apoyo para lograr su crecimiento en estanques (Fotografía 4).



El Morillo, Tam.



Tezontepec, Hgo.



Vicente Guerrero, Tam.



El Varejonal, Sin.

Fotografía 4. Centros acuícolas que participaron en el Programa.

En este último aspecto, también se contó con el apoyo de las Juntas de Agua, favorecidas con la propia carpa, que limpió sus estanques que tenían un grave problema de infestación de hydrila.

Cuadro 3. Instituciones de apoyo.

Centro Acuícola. Tezontepec, Hidalgo.
Centro Acuícola. El Varejonal, Sinaloa.
Centro Acuícola. El Morillo, Tamaulipas.
Centro Acuícola. Vicente Guerrero, Tamaulipas.
Junta de Administración, Operación y Mantenimiento, Díaz Ordaz, Tamaulipas.
Junta de Administración, Operación y Mantenimiento, Matamoros, Tamaulipas.

Relación internacional

Para dar mayor consistencia y certeza a la labor emprendida, se desarrolló un proceso de asesoría e intercambio con investigadores de instituciones de otros países (Cuadro 4 y Fotografía 5). La experiencia y asesoría de todos ellos representó una mejor orientación y mayor claridad en las acciones y desarrollo del Programa.

Ahmed Fakhry Khattab, como experto internacional del control de maleza acuática, realizó un recorrido por varios distritos del país en 1992, y fue uno de los principales investigadores que planteó la necesidad de desarrollar procesos de investigación, validación y transferencia de tecnología para hacer frente a los enormes



Ted Ted Center y Jack DeLoach.



Ricardo Hernández.



Amhed Khattab.



Randall Stoker

Fotografía 5. Interacción con expertos de instituciones de otros países.

problemas de maleza acuática en distritos de riego. Por otra parte, en 1994 compartió sus experiencias del control de lirio y de maleza sumergida con carpa herbívora en su propio país, Egipto.

Ted Center dio un gran impulso al Programa. En su primera visita, en 1993, precisó la necesidad de probar los agentes de control biológico. Su institución donó los neoquetinos para iniciar las primeras pruebas en el Colegio de Postgraduados. Desde entonces, su asesoría ha sido de enorme importancia.

Randall Stoker, en el distrito de riego de Valle Imperial en California, EUA, mostró el manejo de la carpa herbívora triploide y su éxito en el control de hydrila en los canales. En su visita, a invitación expresa en 1994 a distritos de riego de Tamaulipas, presentó su experiencia y observaciones al problema de hydrila que se presentaba en dichos distritos.

Ricardo Hernández, aunque es mexicano, se considera dentro de este rubro por laborar en una dependencia de EUA, y porque ha sido un referente de la experiencia en el manejo de la carpa en herbívora triploide en el DR 014 Río Colorado, en Mexicali, Baja California, y con quien, además, se han intercambiado experiencias desde 1993.

Cuadro 4. Investigadores asesores.

Contacto	Dependencia/País
Ted Center	ARS Invasive Plant Research, Florida, EUA.
Jack Deloach	Grassland, Soil and Water Research Laboratory del USDA en Temple, Texas, EUA.
Randall Stoker	Imperial Valley Irrigation District, California, EUA.
Ricardo Hernández	USDA. APHIS con el Programa de Control de Hydrila en el DR 014 en Mexicali, BC.
Ahmed Fakhry Khattab	Research Institute of Weed Control and Channel Maintenance, Egypt.

Así, en este proceso del control de maleza acuática en distritos de riego, se logró hacer un trabajo de equipo donde participaron, en diferentes momentos, 16 distritos de riego, tres instituciones educativas, cuatro centros piscícolas, dos juntas de agua, y cuatro instituciones internacionales (tres de EUA y una de Egipto).

PARCELAS DE EXPERIMENTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN

Para sustentar las acciones y directrices de los programas de control en cada distrito o zona de trabajo, se realizaron trabajos experimentales en los cuerpos de agua en condiciones normales de operación, con el objetivo de validar métodos más eficaces y económicos que no dañaran el ecosistema.

Los trabajos de investigación y demostración se efectuaron en áreas pequeñas para tener un mejor control de las variables experimentales y disminuir costos, al reducir el tiempo de respuesta de los agentes de control.

Parcela de lirio con neoquetinos

Para el caso del lirio acuático con neoquetinos se emplearon varias parcelas experimentales-demostrativas de 2 m², donde se aplicaron diferentes densidades de insectos y de lirio que se compararon con uno o dos cuadrantes testigos con desarrollo del lirio sin insectos.

Estas parcelas se replicaron, con algunas variantes, en cuatro distritos distribuidos en una amplia extensión del país (Cuadro 5).

Estos trabajos experimentales-demostrativos cumplieron cabalmente su función y, además, permitieron valorar la eficiencia de los neoquetinos en diferentes rangos de temperatura y calidad del agua (Fotografía 6).

En términos generales, se encontró que al hospedarse seis neoquetinos o más en cada planta

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)

el control, ésta empieza a decaer y muere en poco tiempo.

Cuadro 5. Distritos donde se realizaron parcelas experimentales-demostrativas.

Distrito de riego	Ubicación	Periodo
DR 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa	Dique Batamote	1993-94
DR018 Colonias Yaquis, Sonora	Dique 2	1998-99
DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán	Presa Urepetiro	1998
DR 030, Valsequillo, Puebla	Presa Valsequillo	2002

En estos trabajos fue variable el periodo de control del lirio, pero en todos fue menor a un año. El fenómeno de establecimiento, propagación y control acelerado que se observó en los experimentos fue debido a las altas densidades de insectos con las que se iniciaron las parcelas, con el objetivo de obtener pronto resultados que sirvieran como demostración de su eficiencia a los usuarios y autoridades de distritos y módulos de riego. Estas experiencias definen un amplio margen de aplicación del neoquetino ante la variabilidad de la temperatura, ya que se desarrolló y funcionó como agente de control en altas temperaturas, como en Sonora y Sinaloa, y en bajas, como Puebla y Michoacán.



DR 010 Culiacán-Humaya, Sin.



DR 18 Colonias Yaquis, Son.



DR 024 Ciénega de Chapala, Mich.



DR 030, Valsequillo Pue.

Fotografía 6. Parcelas experimentales-demostrativas de la viabilidad del neoquetino.

También, se observó un amplio margen de su aplicabilidad en diferentes calidades de agua, desde lugares donde no existe contaminación, como el sistema Humaya del distrito de riego 010, en Culiacán, Sinaloa, hasta lugares altamente contaminados, como ocurre en las aguas de la presa Manual Ávila Camacho (Valsequillo, Puebla).

El amplio rango de condiciones ambientales en que pueden desarrollarse los insectos, proporciona una alta confiabilidad a su aplicación como agente de control del lirio acuático, en la mayoría o en totalidad de los cuerpos de agua del país.

Parcela de maleza sumergida con carpa herbívora

En el caso experimental-demostrativo de la carpa herbívora, se definieron tramos de canal para confinar los peces mediante mallas cruzadas perpendicularmente al canal o estructuras colocadas en las represas, dependiendo de los recursos y disponibilidad de la población de carpa herbívora (Cuadro 6). Generalmente, los tramos entre represas son de 1 km de longitud.

Cuadro 6. Distritos de riego con parcelas de carpa herbívora.

Distrito	Ubicación	Fecha	Densidad de hydrila (kg/m ²)	
			Canal testigo	Parcela prueba
DR 025	Canal 6+700	Jun.- Sep. 1993	3	Primero se realizó el control mecánico. Luego la carpa eliminó la hydrila restante y mantuvo libre de maleza por más de 15 meses. Después se seco el canal (se emplearon 13 kg de carpa/ha).
	Canal k 8	Sep. 93	11.6	Control mecánico redujo a 5 kg/m ² . La carpa eliminó la maleza en tres meses.
DR 086	CPMD (4 km de canal) 7+400 -11+600	Sep. 93	Control mecánico previo (menos de 0.5)	Control mecánico y luego la carpa eliminó la hydrila restante en menos de tres meses. Sin problema por cinco años continuos (densidad 17 kg de carpa/ha).
	Sublateral 25+600	Sep. 1994	8	Tres tramos experimentales con diferentes tallas y densidades de carpa (14.5, 19 y 47.8 kg de carpa /ha). En todos hubo reducción en pocos meses (evaluación de corte y consumo de la hydrila por efectos de la carpa, según su talla).
DR 010	Canal Chapeteado	1997	3	Eliminó la maleza sumergida en menos de cuatro meses. No hubo control mecánico previo.
	Canal sublateral 5+643 del lat 10+220 del Canal Principal Oriental (CPO)	1995	10 Cola de mapache	Se comprobó la eficiencia del control de esta especie. Se extrajo primero mecánicamente y luego la carpa redujo la infestación logrando controlarla.
DR 075	Canal sublateral 16+400 del lateral 18+ 420 en el tramo 0+000 al 1+000	1996	2	Después del control mecánico, la carpa eliminó la maleza en menos de cinco meses. Como la carpa se refugia en un sifón, el canal se mantiene libre de hydrila, por lo menos hasta julio de 2008 (12 años).

Cuadro 6. Distritos de riego con parcelas de carpa herbívora (continuación).

Distrito	Ubicación	Fecha	Densidad de hydrila (kg/m ²)	
			Canal testigo	Parcela prueba
Planta potabilizadora. Díaz Ordaz, Tam. DR 026	(estanque)	1999-2001	7	Estanque libre de hydrila en 2001.
Planta potabilizadora, Matamoros, Tam. DR 025	(estanques)	1999-2001	6	Estanques libres de hydrila en 2001.
Centro Piscícola El Morillo, Tam.	Canaletas y estanques	1993-1994	Pruebas experimentales en estanques	Se determinó el consumo, según el peso y la talla del pez en cautiverio en 24 h. Carpas de 2.7 cm consumen hydrila en un 6%, en relación a su cuerpo, y de 30 cm hasta un 270%.

Estas parcelas experimentales demostrativas permitieron corroborar la eficiencia de la carpa herbívora como agente de control. En todos

los casos, se encontraron resultados evidentes y definitivos (Fotografía 7).



DR 010 Culiacán-Humaya, Sin.



DR 086 Soto la Marina, Tam.



DR 075 Río Fuerte, Sin.



DR 025 Bajo Río Bravo, Tam.

Fotografía 7. Tramos experimentales de carpa herbívora.

Métodos y resultados

En algunas parcelas experimentales-demostrativas hubo altas densidades de hydrila, de hasta de más de 11 kg /m², por lo que se realizó primero una extracción mecánica y posteriormente se liberaron las carpas; en otras, se sembraron o liberaron carpas sin hacer ningún control previo.

En la mayoría de los trabajos, se establecieron carpas con talla de más de 12 cm; en algunas hasta de 20 cm. Se emplearon diferentes densidades, en promedio 15 kg de carpa/ha con control mecánico previo, y más de 30 kg/ha cuando no había control previo.

El resultado fue que en todas las parcelas se logró abatir la maleza. En el primer caso, considerando un control mecánico previo, la carpa consumió la maleza restante y evitó el rebrote de la maleza sumergida, con lo que mantuvo el canal en condiciones óptimas de operación y conservación. En el segundo caso, sin ningún control previo, la carpa fue cortando y consumiendo la maleza acuática de manera tal que de cuatro a cinco meses se logró su control total en el tramo de canal.

También se trabajó en tramos de canal haciendo las veces de estanque, obteniéndose excelentes resultados. Esta alternativa permite, además de reducir la maleza, encontrar opciones para disminuir en más de un mes la espera para que las crías alcancen las tallas de 12 o más cm requeridos para que se conviertan en herbívoras completamente y también no sean fácil presa de sus depredadores.

El empleo de la carpa representa el método más económico, eficiente y ecológico para mantener los canales de los distritos de riego libres de maleza sumergida. Se puede llegar, incluso, a realizar una actividad paralela de manejo de carpa para el consumo humano, una vez cumplida su función de agente de control de maleza.

En el canal sublateral I6+400 del DR 075 existe un tramo que lleva, al menos, 14 años (1996-2009) sin problema de cola de zorra, gracias a la presencia de la carpa herbívora (Fotografía 8). Hasta 1996 era necesario realizar de una a dos extracciones mecánicas al año.



Fotografía 8. Sublateral I6+400, tramo testigo y experimental.

Efectuando un manejo adecuado de carpa herbívora en los distritos, es factible mantener bajo control la maleza sumergida en forma permanente.

LIBERACIONES ABIERTAS O MASIVAS

Los resultados de las parcelas demostrativas y experimentales proporcionaron elementos sustanciales para aplicar la tecnología en forma masiva, enfocada a resolver el problema del distrito.

Liberaciones abiertas de los neoquetinos

Una vez que la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, mediante trabajos experimentales confirmó la especificidad del insecto para vivir y afectar exclusivamente al lirio acuático, se determinó y aprobó conjuntamente con usuarios y técnicos del DR 010 la liberación abierta del insecto y, posteriormente, se realizó en otros seis distritos de riego del país (Cuadro 7).

Cuadro 7. Liberaciones abiertas de neoquetinos en los distritos de riego.

Distrito de riego	Ubicación de liberaciones	Liberación de insectos	Infestación		
		(año)	En fecha de liberación	Fecha intermedia	Resultados 2011
DR 010	Diques: Batamote, Arroyo Prieto, Hilda, Mariquita y otros 4. P.D P.A. Adolfo López Mateos y Sanalona	(1995)	2,700 ha	(1997) 150 ha	Menos de 300 ha 16 años libres de lirio. Sin reinfestaciones de consideración.
DR 018	Diques: 1, 2, 3 , 4, 5, 6, 7, 8, y 9.	1998	80 ha Diques con infestación del 16 a 97%	(2000) 5 ha	13 años libres de lirio. Sin reinfestación de lirio en todos los diques.
DR 024	Presa Jaripo	1998	(30%) infestada) 55 ha	(2000) Menos de 1 ha	Sin seguimiento, el problema del lirio persiste. Cuando tiene agua se reinfesta.
DR 061	Presa Urepetiro	1998-99	(15%) infestada 35 ha	(2000)) Menos de 2 ha	2000 (sin lirio). Sin seguimiento, reinfestación hasta del 80%. Variando año con año.
DR 075	Presa Derivadora	1998	Sin seguimiento		Se reinfesta periódicamente.
DR 030	Presa Manuel Ávila Camacho	2002 (Liberación limitada). No hubo programa extensivo	Sin continuidad	(2003) Se realizó trituración y se acabó el lirio y neoquetinos	Desde 2003, reinfestación tradicionales.

Métodos y resultados

Estas liberaciones abiertas en los distritos de riego permitieron obtener una reducción de lirio acuático impresionante, en la mayoría de los cuerpos de agua.

Una vez hecha la liberación en los sitios estratégico de los diferentes cuerpos de agua, sólo se requirió alrededor de dos años para su establecimiento y propagación explosiva a toda la población de lirio. Cuando alcanzaron la densidad de seis o más neoquetinos por planta, se empezaron a presentar las disminuciones del lirio acuático.

A finales del segundo año, y más claramente en el tercer año de la liberación abierta, la cobertura del lirio se redujo a menos del 5% en la mayoría de los cuerpos de agua donde se liberaron los insectos.

Para el año 2000 todos los cuerpos de agua objetivo de las liberaciones masivas, se habían cubierto. Es decir, todos los diques y presas de los DR 010 y 018 se encontraban libres del problema de lirio; del DR 024, la presa Jaripo, y del DR 061, la presa Urepetiro (Fotografía 9).



DR 018 Colonias Yaquis (Dique 8).



DR 024 Ciénega de Chapala (P. Jaripo).



DR 061 Zamora. (P. Urepetiro).



DR 010 Culiacán-Humaya (P. Sanalona).



DR 010 Culiacán-Humaya (P. Adolfo López Mateos).

Fotografía 9. Presas sin lirio, por efecto del control biológico en el 2000.

En 1993, en el DR 010 Culiacán-Humaya existía una infestación de más de 2,700 ha en presas y diques, situación que se mantuvo en ese orden hasta 1996, y continuaría de esa manera hasta la fecha si no se hubiesen liberado los insectos en todos los cuerpos de agua. El proceso de control biológico se fue dando y a mediados de 1997 el control fue definitivo. Lo que resulta impactante y digno de considerarse es que hasta 2012, con ciertos altibajos y con relativo seguimiento de la Universidad Autónoma de Sinaloa, se ha mantenido bajo control un promedio de 2,500 ha a lo largo de estos 16 años.

Desafortunadamente, cuando los resultados de este programa estaban en su apogeo (2000), la CONAGUA decidió dar por concluido el apoyo económico al Programa de Control de Maleza Acuática en los Distritos de Riego, aduciendo que eso ya era responsabilidad de las propias organizaciones de productores. Esto es parcialmente cierto, ya que los usuarios son responsables de su red de conducción, pero los cuerpos de almacenamiento siguen siendo responsabilidad de la CONAGUA. De cualquier manera, la continuidad de este apoyo económico y del programa hubiese tenido una repercusión

muy favorable para el desarrollo de los propios distritos de riego del país.

A pesar de haberse cancelado el apoyo económico, el proceso de control biológico ha continuado y permanece, porque en el DR 10, la Universidad Autónoma de Sinaloa ha dado seguimiento con apoyo de los módulos, y en DR 018, el personal técnico del propio distrito lo ha proporcionado.

Como ejemplo, en la Fotografía 10 se muestra la magnitud del problema que presentaba el dique Batamote del DR 010, y en la Fotografía 11 se presenta el mismo dique libre de lirio al cabo de 16 años consecutivos, como resultado de este control biológico.

Otros ejemplos aún más impresionantes son las presas Adolfo López Mateos y la Sanalona, del DR 010, en Culiacán, Sin., que se han visto igualmente libres del lirio acuático ininterrumpidamente a lo largo de 16 años (Fotografía 12).

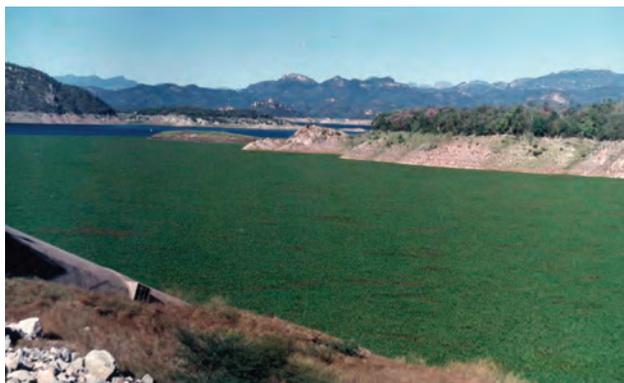
No sucedió lo mismo en Michoacán, donde la presa Jaripo, del DR 024 Ciénega de Chapala, y la presa Urepetiro, del DR 061 Zamora, Mich., se mantuvieron libres de lirio sólo durante el 2000, ya que en los años posteriores se volvieron a reinfestar por falta de seguimiento al programa del control biológico.



Fotografía 10. Dique Batamote, con 134 ha infestadas de lirio (antes de 1994).



Fotografía 11. Dique Batamote bajo control biológico (1997 a 2012).



Presa Adolfo López Mateos (antes de 1997)



Presa Sanalona (antes de 1997)



Sin reinfestación importante (1997a 2011)



Sin reinfestación importante (1997 a 2011)

Fotografía 12. Presas sin problemas de lirio por 16 años consecutivos.

Por otra parte, en los canales y drenes de dichos distritos, el control mecánico que se realiza desde entonces ha impedido o frenado el desarrollo y propagación que requieren los insectos para funcionar como agente de control biológico, y en toda la red de distribución persiste el problema de lirio. No obstante, en toda la red de canales, y en particular en el río Duero, aún se encuentra población de insectos, lo cual explica, en gran medida, el control del lirio observado en Chapala en los últimos años.

Lago de Chapala, efecto indirecto del control biológico

En el 2003, el lago de Chapala sufrió una reinfestación severa de lirio cuando empezó a

recuperar su nivel de agua. El lirio se desarrolló por semilla y también se introdujo de los ríos Duero y Lerma.

En el 2004, con el objetivo de extraer mecánicamente 7,500 ha de lirio se invirtieron al menos 30 millones de pesos (20 millones federales y 10 millones estatales), y en 2005 el representante de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), responsable de este programa, declaró que no se redujo la infestación pero que sí se había evitado su crecimiento explosivo.

En febrero de 2005 se reportaban 7,400 ha infestadas con lirio de un embalse de alrededor de 110,000 ha. Por ello se consideró urgente proceder a su control. Éste no se realizó durante los primeros meses del año; sin embargo, la cobertura de lirio empezó a descender sin aparente explicación. En

marzo se reportaron 6,549 ha; en abril, 4,203 ha, hasta llegar alrededor de 3,000 ha en 2006. Fue entonces que las autoridades decidieron combatir el lirio con químicos y, en 2011, el problema se redujo a menos del 5 por ciento.

La causa principal de esta reducción de lirio, muy probablemente, fue resultado de las acciones realizadas por el Programa de Control Biológico del Lirio en los Distritos de Riego que realizó el IMTA entre 1998 y 2000, con las liberaciones abiertas realizadas en los distritos de riego 024 y 061, a través de las cuales se diseminó y dispersó el insecto a lo largo de todos los canales y parte del río Duero. De esta manera, prácticamente todo el lirio que llegó a Chapala proveniente de dicho río o por la extracción por bombeo del DR 024, fue portador de población de neoquetinos.

El lago de Chapala, después de una prolongada sequía, aumentó su nivel de agua en 2003. El lirio se desarrolló explosivamente hasta alcanzar 7,500 ha de infestación. Durante ese año y en 2004, el insecto proveniente del río Duero se fue distribuyendo entre la totalidad de la población de lirio y, a partir de 2005, la población de insectos empezó a afectar el crecimiento y desarrollo del lirio.

En muestreos de lirio en el embarcadero de Chapala, realizado en mayo 2006, se detectó que las plantas de lirio tenían una talla de menos de 30 cm y presentaban serios daños causados por los neoquetinos. Existía una densidad promedio de 5 neoquetinos/planta, lo cual comprueba la causa por la que se disminuyó la población de lirio durante 2006 (Fotografía 13). Desafortunadamente, las



Lirio sin floración y de pequeña talla.



Lirio bajo control de neoquetinos.



Lirio dañado por el insecto.



El lirio ya no representaba mayor problema.

Fotografía 13. Lago de Chapala (abril 2006, recorrido antes de aplicación de herbicida).

autoridades decidieron combatir el lirio con químicos cuando ya estaba bajo un proceso inducido de control biológico.

Con el control químico se eliminó la mayor parte de la población del lirio (de escasa talla y notoriamente dañado por el insecto), pero con ellos murió también la mayor parte de la población del insecto.

En el lago, desde 2007 a noviembre de 2011, se ha observado un incremento paulatino de lirio, que proviene de semilla o por la entrada masiva de lirio por los ríos. Afortunadamente, en este periodo ha seguido entrando población de insecto a través del río Duero, lo que ha servido para contener, de alguna manera, el crecimiento de esta maleza. Dependiendo de las acciones que se realicen, el lirio seguirá siendo un problema que periódicamente se manifiesta o se podrá manejar mediante el control biológico, obteniéndose grandes beneficios.

Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo)

En la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo, Puebla), durante 2002 y parte de 2003 también se comprobó, mediante parcelas experimentales-demostrativas, la eficiencia del insecto para controlar la maleza acuática. Las autoridades responsables no le dieron continuidad al programa de control biológico y prefirieron invertir en el 2004 alrededor de 15 millones de pesos para combatirlo mecánicamente. La limpiaron y a los dos años la presa estaba nuevamente reinfestada de lirio.

La directriz que han seguido los responsables de este cuerpo de agua, es continuar empleando el control mecánico de lirio que implica altos costos económicos, productivos, sociales y de

salud, con el agravante adicional de que son de carácter permanente.

En este contexto, destaca que se comprobó experimentalmente que el control biológico mediante neoquetinos es viable en diferentes condiciones de agua y bajo diferentes temperaturas.

Se dispone así de la metodología para reducir y mantener la cobertura de lirio en menos del 5% de la superficie de agua, mediante la aplicación de estos insectos.

El rango de aplicación es prácticamente para todo el país, puesto que soporta bajas y altas temperaturas y un amplio rango de calidad de agua, que incluye aguas altamente contaminadas.

No obstante, se requiere más investigación y, para ese efecto, ya se consideran diferentes líneas temáticas, como es el caso de las temperaturas bajas por prolongados periodos de tiempo. Es posible plantear que este método es plenamente aplicable a lo largo del país.

Es una alternativa planteada inicialmente para los distritos de riego, pero es prácticamente aplicable en todos los cuerpos de agua del país, incluidos el lago de Chapala y Valsequillo.

La cuestión es que las autoridades lo acepten. Ahí están las evidencias de que sí funciona, que resulta mucho más económico y que no tiene efectos dañinos ni para la fauna ni para la población.

Liberaciones abiertas de carpas herbívoras

La carpa herbívora se liberó en forma abierta en diferentes distritos para lograr un mejor manejo de la maleza en los canales (Cuadro 8). Los resultados obtenidos han sido impresionantes para la conservación y operación de los canales, y muy importantes para la comprensión de la tecnología del control biológico.

Cuadro 8. Liberaciones abiertas o masivas de la carpa herbívora.

Distrito de riego	Ubicación	Año	Condiciones iniciales	Carpas liberadas	Impacto
DR 025	Canal Anzaldúas (0+000 -19+000)	1998	La hydrila redujo en más de 40% la conducción (control mecánico previo)	100 kg Posteriormente, 3,012 carpas 269 kg	Se ha controlado la propagación de la maleza por más de cinco años. La hydrila sigue entrando vía Río Bravo.
DR 086	Canal Principal Derecho (más de 40 km)	1993	Problemas recurrentes de hydrila todo el año (densidades de hasta 13 kg de hydrila/m ²)	Más de 2,000 carpas	Se redujo sustancialmente el problema de 1994 a 1997. Pasó a ser responsabilidad del módulo y no se continuó con el programa.
	Canal Principal Izquierdo (135 km)	1994-97	Densidades de hydrila hasta de 15 kg/m ²	Más de 3.8 t de carpa en varios años del programa	Redujo y mantuvo bajo control la hydrila de 1997 a 1999. Posteriormente, al secar los canales, no se requirió del programa.
DR 075	Canal Jiquilpan (10.5 km)	1999-2000	(<i>Potamogeton sp.</i>) infestaba severamente hasta 8 kg/m ²	10,555 carpas y 220 kg (1999) 1,240 carpas y 29.4 kg (2000)	Control durante 2000-2001. En septiembre de 2000 secaron el canal y la carpa se pescó o murió. Se estima se perdieron 500 kg de carpa.
	Diferentes canales (8.5km) 16+400, 0+700, 0+700,0+090 y 1+700	1998-99	Infestaciones de levas a severas	35,000 crías (canal como estanque) 640 carpas de 12 cm o más	Buen impacto durante varios años. No hubo evaluación precisa, pero se redujo infestación y evitaron controles mecánicos por varios años.

Todas las experiencias demostraron la eficiencia de la carpa como agente de control de maleza sumergida, específicamente de las especies de hydrila (*Hydrilla verticillata*), cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*), cola de caballo (*Potamogeton sp.*), pasto estrella (*Heteranthera dubia*) y najas (*Najas guadalupensis*).

En el DR 086 se liberaron carpas herbívoras en 40 km del Canal Principal Margen Derecho y en 135 km del Canal Principal Izquierdo, lo cual significa que se abarcó prácticamente todo el distrito. Las infestaciones eran severas, con densidades de hasta 15 kg de hydrila/m², y cubrían ciertos puntos críticos del canal y obstruían prácticamente su

Métodos y resultados

operación. A través de la liberación de la carpa hervíhora, se logró reducir significativamente la maleza durante cinco años (1994-1998).

En 1999, cuando el programa alcanzó su clímax, se logró una mejor operación de la infraestructura y se distribuyó el agua con mucha mayor eficiencia, reduciendo los tiempos de riego y abarcándose superficies que en años anteriores se habían dejado de regar porque simple y sencillamente no llegaba el agua. En la figura 1 se aprecia la gran reducción de hydrila en los canales del distrito

de 1998 a 1999, señalando que ya en 1998 se había conseguido un gran control. Este método para controlar la maleza, además implicó una gran reducción de costos por concepto de extracción mecánica de hydrila.

En los siguientes años ya no continuó el programa, se hizo innecesario cuando se estableció la red de agua potable, permitiendo secar los canales de riego en ciertos periodos del año. Desde entonces, se controla la maleza de esa manera.

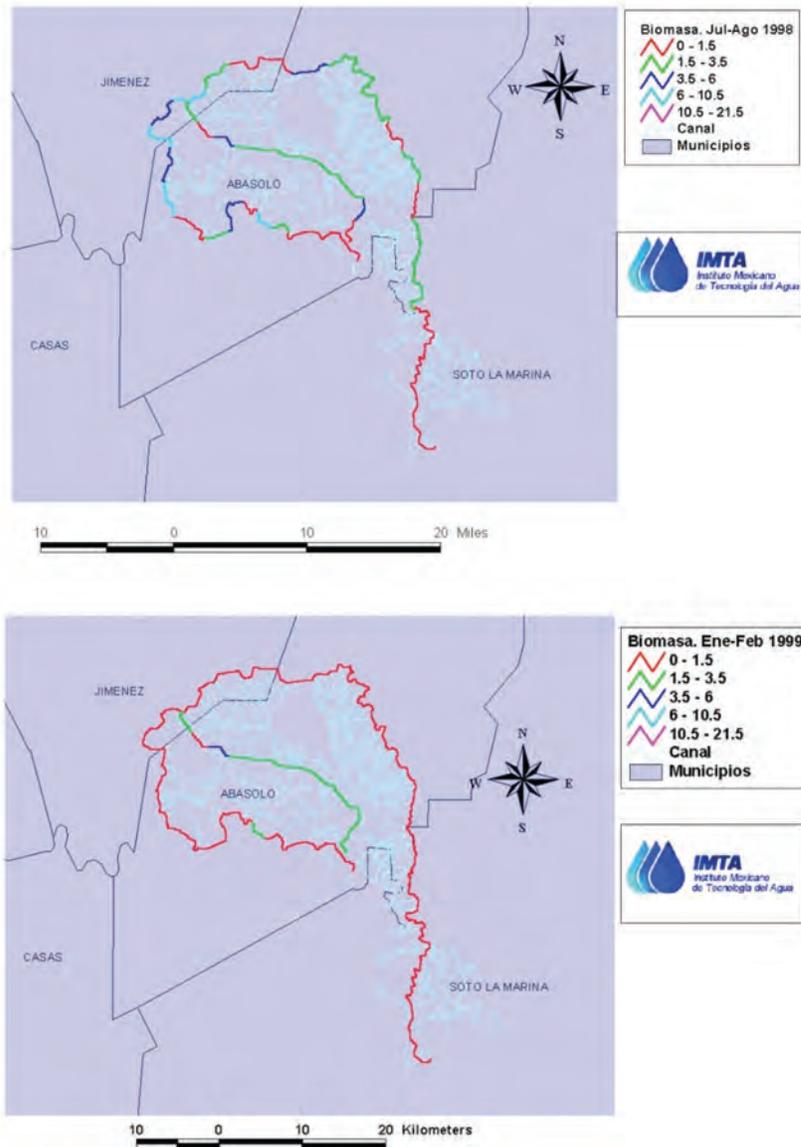


Figura 1. Densidad de hydrila (Kg/m²). DR 086, Soto la Marina (1998 y 1999).

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)

En 1998, en los primeros 19 km del canal Anzaldúas del DR 025 (plantilla de 45 m, un tirante de 5 m, un bordo libre de 1.5 m, y un gasto de 226 m³/s) la hydrila llegó a impedir el flujo de agua en más del 50%, afectando completamente su operación. Este problema requirió de una extracción mecánica de emergencia en una parte de ese tramo. Posteriormente, para evitar que la maleza volviera a infestar el canal, con este Programa se sembró la carpa herbívora y se logró un control absoluto durante más de diez años (Fotografía 14).

En el Módulo Santa Rosa del DR 075, Río Fuerte, Sinaloa, se ejecutó un programa de control de maleza sumergida mediante tres convenios de colaboración con los productores (1996, 1999

y 2000). Fue una experiencia sumamente aleccionadora, tanto para los propios productores como para el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Los resultados también fueron exitosos, en especial en el tramo experimental de 1 km, donde por más de 15 años consecutivos se mantuvo sin problemas de maleza sumergida, lo que representa en sí una destacada expresión de los resultados obtenidos (este fenómeno se vio favorecido por la presencia de un sifón cercano, en el que se han resguardado las carpas que aún mantienen ese control).

En el módulo se atendieron varios canales con resultados muy alentadores, especialmente en el canal Jiquilpan, donde las carpas mantuvieron sin



Fotografía 14. Canal Anzaldúas (10 km). Control biológico de hydrila por varios años.

problemas los 16 km de canal durante tres años continuos. Desafortunadamente, secaron el canal para una reparación y se perdió más de media tonelada de carpa, cuyos individuos median hasta 90 cm y pesaban hasta 8 kg. Estos agentes de control, que serían manejados estratégicamente en la red de canales del módulo, fueron a parar a la mesa de numerosas familias.

El principal problema operativo del manejo de la carpa es su disponibilidad. Normalmente se obtiene en centros acuícolas en la etapa de crías (2 cm); el segundo problema es llevar esas crías a tallas superiores a 12 cm para liberarlas. Esto es debido a que requieren alcanzar esa talla para adquirir su condición fitófaga y empezar, entonces, a consumir la maleza. Otro problema es que las crías son fácil presa de depredadores.

El Centro Acuícola de Tezontepec, Hidalgo (especializado en la reproducción de carpa herbívora), fue el surtidor de la población de carpa requerida. De ahí se trasladaron las crías de 2 cm al Centro Acuícola del Morillo y Centro Acuícola Vicente Guerrero, en Tamaulipas, y al Centro Acuícola El Varejonal, en Sinaloa. En estos centros se mantenían en los estanques por más de cinco meses para alcanzar tallas de siembra (más de 12 cm); posteriormente se hacían las pruebas y las liberaciones masivas.

Otro problema del manejo de la carpa es en los canales, ya que al consumir la maleza cortan y desprenden grandes manchones de planta que se acumulan en las represas y pueden formar tapones que impiden el flujo del agua y afectar la infraestructura. Por tanto, es importante estar pendiente de eliminar el exceso de maleza en forma mecánica o manual en las estructuras durante los primeros meses, mientras se logra el total control de la maleza.

Además, el manejo de la carpa representa dificultades operativas para los técnicos de los distritos de riego, porque son acciones ajenas a su cotidianidad que deben ser tomadas en cuenta en la aplicación del Programa.

Estas experiencias han sido de gran importancia tanto para la aplicación del Programa como para los procesos de investigación, ya que se manejaron carpas desde 2 hasta más de 30 cm. Se realizaron diferentes estrategias de manejo en la interacción Módulo-Distritos-IMTA.

Los resultados fueron muy significativos. Por un lado, se dio la pauta para demostrar con claridad la funcionalidad de la carpa herbívora como agente de control y, por otro, permitió definir varias estrategias de manejo de carpa en forma extensiva.

Con base en lo anterior, es posible plantear que se dispone de la tecnología para resolver el problema de maleza sumergida en distritos de riego en el ámbito nacional, la cual aporta enormes beneficios. Sólo es cuestión de desarrollar los proyectos. Pero esto corresponde nuevamente a las autoridades de los propios productores y de las instituciones oficiales encargadas de estos procesos.

Como existen muchos intereses, en realidad se requieren políticas públicas que consideren al control biológico como la base del manejo de la maleza acuática en los distritos de riego y, en general, en los cuerpos de agua del país. De otra manera, se van a imponer los intereses particulares y se continuarán realizando periódicamente los controles tradicionales a muy altos costos.

Apoyo de centros acuícolas

El Centro Acuícola de Tezontepec, Hidalgo, apoyó el Programa aportando alrededor de 800,000 peces, en su gran mayoría crías de 2 cm de largo, desde 1993 hasta 1998 para atender a los distritos de riego. El número de peces pareciera muy grande, sin embargo, sólo es una parte minoritaria la que se siembra o libera masivamente, porque son las que sobreviven y alcanzan una talla mayor a 12 cm. Por ejemplo, en el DR 086, de 1993 a 1998 se destinaron 361,000 crías, y únicamente se liberaron 12,152 carpas, que representaron 3,946 kg al momento de su siembra.

El manejo de la carpa es complejo. Debe ser adquirida en cierta época del año, ya que no se reproducen en forma natural, sino que requieren de la aplicación de inyección de hormonas para lograr la maduración de las gónadas y obtener de esa manera su reproducción inducida. Posteriormente, es necesario trasladarlas a los centros acuícolas o hacia algunos canales del distrito acondicionados para hacer las funciones de estanques. Las crías de 2 cm deben ser cuidadas hasta que alcancen una talla mayor a los 12 cm. Este proceso implica seis meses o más. Después, se necesita acondicionar los canales para mantener confinados a los peces y proceder finalmente a su liberación.

A lo anterior, se agrega la situación laboral de los distritos de riego, donde hay carencias de recursos para operar y conservar. Los técnicos no tienen experiencia en el manejo de los peces y se saturan de actividades laborales en la medida que se reduce gradualmente su cantidad en cada centro de trabajo.

Para manejar y aplicar esta tecnología en forma eficaz, es necesario establecer políticas públicas inclinadas a buscar una mayor eficiencia en la conservación y a la decisión de encauzar recursos ex profeso. De otra manera, los resultados alcanzados no trascenderán en su aplicación masiva ni se profundizarán las diversas líneas de investigación.

SEGUIMIENTO DEL PROYECTO DE CONTROL DE MALEZA ACUÁTICA

Para el lirio acuático y neoquetinos

Para el manejo del lirio y los neoquetinos, es requisito indispensable realizar un seguimiento estricto del comportamiento de sus poblaciones, tanto en las parcelas demostrativas como en las áreas extensivas.

Para conocer con exactitud la evolución de la planta de lirio, se llevó un registro de sus

características principales de fácil observación y medición (Figura 2).

Mediante muestreos, se determina la densidad en número y peso de la planta por m². Para tal efecto, se emplea un cuadrante metálico de 1 m², el cual se arroja al azar sobre el lirio y son contadas las plantas que quedan en el interior; se pesan después de diez minutos de extraídas. Se toman al azar 15 plantas para hacer las mediciones y el registro de la presencia de insectos adultos, larvas y pupas por planta, además de la cantidad de mordeduras de la tercera hoja para dar cuenta del proceso de crecimiento y propagación que va obteniendo el insecto.

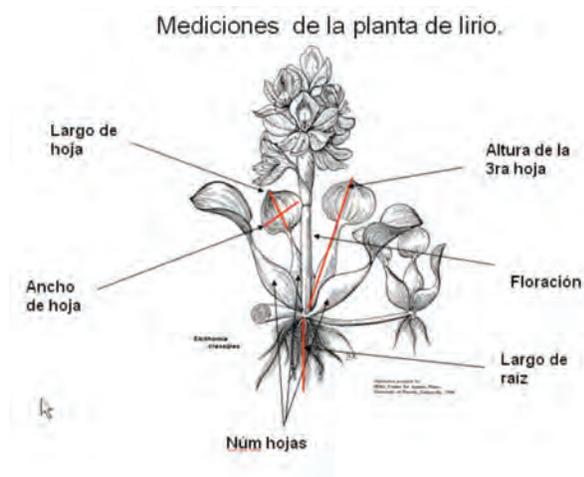


Figura 2. Parámetros considerados del lirio.

En el cuerpo de agua periódicamente se determina cuál es la cobertura de lirio por observación, con apoyo de imágenes de satélite para detectar los cambios existentes. Con este procedimiento es posible diagnosticar la situación por la que atraviesa la población de lirio en el tiempo, comprender las dificultades del proceso de control y definir acciones de mejora, correctivas, o cambio de estrategias para alcanzar la meta de

disminuir su densidad y cobertura en el cuerpo de agua.

Es de fundamental importancia este seguimiento, dado que establece las pautas para cumplir cabalmente las metas trazadas sobre reducción de la población de lirio y, posteriormente, mantenerla bajo control en densidades y que no perjudiquen ni afecten el cuerpo de agua.

Este conocimiento permite orientar todo el programa de manejo de lirio e insectos en los distritos de riego, donde los otros métodos de control que se empleen deben estar supeditados a la estrategia general del manejo por los métodos de control biológico para que no inhiban su eficacia.

Para la maleza sumergida y carpa herbívora

Para el manejo de la carpa herbívora también es imprescindible un seguimiento puntual. Es necesario realizar muestreos para conocer la densidad de la maleza sumergida con el uso de una estructura de fierro de 1 m² que se sumerja y, asimismo, debe registrarse periódicamente su cobertura por medio de recorridos en la red de conducción.

Es también fundamental realizar muestreos periódicos de la presencia, crecimiento y desarrollo de la carpa herbívora para dirigir adecuadamente el Programa.

Un descuido del manejo de la carpa puede ocasionar la pérdida de población de peces, lo cual puede ocurrir en el traslado, al bajar los niveles

del agua de los canales o al introducir pesticida en los canales. De igual forma, se pueden ocasionar severos problemas de operación y afectar la infraestructura con los grandes taponamientos que ocasiona la maleza cortada por la carpa herbívora ya en los canales.

Dentro del proceso de seguimiento, debe existir una vigilancia que inhiba o evite la pesca que puede anular todos los esfuerzos de control.

Difusión del Programa de Control de Maleza

Una parte importante de la estrategia ha sido mantener informados a los técnicos, productores y autoridades de las diferentes organizaciones participantes para lograr los mejores resultados del Programa. Por tal motivo, se ha procurado realizar registros que den cuenta de éste y sus experiencias. De igual manera, se ha buscado difundir los logros mediante la presentación de trabajos en diferentes foros.

Registro fotográfico y videográfico

Se desarrolló, desde el inicio del Programa, un proceso de seguimiento mediante registros fotográficos y de video realizados por el personal del IMTA (Fotografía 15).

Se realizaron nueve audiovisuales (Cuadro 9) que muestran el proceso que ha vivido el Programa, en especial, sobre el control biológico del lirio y de la maleza sumergida.



Fotografía 15. Registro del proceso del Programa de Control de Maleza y su impacto.

Cuadro 9. Audiovisuales elaborados durante el programa.

VIDEO	AÑO	TEMÁTICA
<i>Control integral de lirio acuático en el Distrito de Riego 010, Sinaloa.</i>	1993	Plantea la evaluación de los métodos de control mecánico y biológico para el control integral de lirio acuático en el DR 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Sinaloa. (14 min).
<i>Hydrila Control Program in mexican irrigation districts.</i>	1993	Describe los problemas que ha provocado la hydrila en el DR 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas, así como de la propuesta de control desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para el control biológico de la hydrila con el empleo de carpa. (12 min).
<i>Control de hydrila en distritos de riego en México.</i>	1993	Se muestra la metodología empleada, actividades y resultados de los trabajos experimentales para el control de la hydrila en distritos de riego, con el empleo de carpa herbívora. (6 min).
<i>Control biológico del lirio acuático en el Distrito de Riego 010.</i>	1995	Describe el método de control biológico mediante el empleo del escarabajo moteado, a partir de la experiencia desarrollada en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa: el ciclo biológico del escarabajo, pruebas de especificidad, el programa de control. (12 min).

Cuadro 9. Audiovisuales elaborados durante el programa (continuación).

VIDEO	AÑO	TEMÁTICA
<i>Producción de carpa herbívora.</i>	1995	Trata de la carpa herbívora como medio de control biológico de la maleza acuática. Se describe el proceso de producción de la carpa que se realiza en el Centro Piscícola de Tezontepec, Hidalgo: selección de reproductores, desove y obtención de crías, distribución. (10 min).
<i>La maleza (hydrila), Distrito de Riego 014 Mexicali.</i>	1995	Explica el origen de la hydrila, su forma de reproducción y los principales métodos de combate y prevención para evitar su propagación en canales y drenes en el Distrito de Riego 014, San Luis Río Colorado, Baja California. (13 min).
<i>Control biológico del lirio acuático.</i>	1997	A partir de un diagnóstico sobre los efectos socioeconómicos que causa la maleza del lirio acuático se muestra la técnica, metodología y aplicación del lirio acuático mediante el uso de los insectos nequetinos. (16 min).
<i>Control biológico del lirio acuático: una experiencia exitosa en el Distrito de Riego 010.</i>	1998	Se muestra la experiencia que se llevó a cabo en el DR 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Sinaloa, para controlar el lirio acuático por el método biológico. Se enfatizan los notables resultados obtenidos con el empleo del escarabajo moteado como agente de control. (15 min).
<i>Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego (avance 1992-1999).</i>	2000	Se presenta la estrategia de trabajo y resultados obtenidos, desde 1992 a 1999, en torno al Programa de Control de Maleza Acuática en los Distritos de Riego. (16 min).

Estos audiovisuales, además de dejar constancia de los avances y logros de las actividades realizadas, han sido de gran utilidad para difundir esa información ante instituciones, autoridades y productores. De igual manera, se buscó emplearlos para hacer conciencia entre la población sobre la posibilidad de tener bajo control a la maleza acuática en los distrito de riego y eliminar la idea de que es un daño irremediable y, por tanto, que es inevitable convivir con ella.

Al paso del tiempo, los impactos logrados por el control biológico se han incrementado por los grandes beneficios que implica su uso, con lo cual los resultados presentados en estos videos se han hecho parciales, pero reflejan claramente la gran importancia que tiene tomar en cuenta estos planteamientos para el manejo eficiente, económico y sin daños colaterales en los distritos de riego y, en general, en los distintos cuerpos de agua del país.

Jornadas técnicas de difusión

Con la finalidad de dar a conocer el Programa, avances y trascendencia de los resultados obtenidos para el manejo de la maleza acuática en los distritos de riego, se realizaron jornadas técnicas de divulgación que pretendieron ser la punta de lanza de difusión masiva de las tecnologías. Se realizaron dos eventos de particular importancia: uno en Ciudad Victoria, Tamaulipas, donde se dieron a conocer los avances en el método de control biológico de la maleza sumergida, principalmente hydrila y cola de zorra; y otro, en Culiacán, Sinaloa, para presentar los avances y perspectivas de la metodología de control biológico del lirio acuático (Cuadro 10 y Fotografía 16).

También, se llevaron a cabo tres cursos dirigidos a técnicos de los distritos y módulos de riego que pretendieron dar impulso al Programa. Asimismo, se realizaron tres cursos pre-congreso en el Marco de Congresos de la ASOMECEMA, dirigido principalmente a estudiantes (Fotografía 17).

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)



Presentación de Avances del Programa.



Universidad Autónoma de Tamaulipas.



Culiacán, Sinaloa.



Pánuco, Veracruz.

Fotografía 16. Jornadas técnicas o foros de divulgación.

Cuadro 10. Jornadas técnicas y cursos para difundir el control biológico.

Jornada técnica /curso	Participantes	Año	Lugar
Jornada Técnica Control Biológico de Maleza Acuática. Resultados y Propuestas, una Alternativa Ecológica y Económica.	Productores y autoridades de distritos y módulos de riego.	1997	Culiacán, Sinaloa.
Jornada Técnica de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Distritos de Riego de Tamaulipas.	Productores y autoridades de distritos y módulos de riego de Tamaulipas.	1999	Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tam.
Curso Control integral de maleza acuática en distritos de riego.	Residentes de conservación de los distritos de riego, con programa.	1999	Centro Nacional de Transferencia de Riego y Drenaje, Sin. (CENATRYD).
Problema de la maleza acuática en México dentro del marco del 1er. Curso Regional sobre el Control Integral de Maleza Acuática.	63 estudiantes, Facultad de Agronomía (UAS).	1999	XX Congreso (ASOMECIMA) Culiacán, Sin. Curso pre-congreso.

Métodos y resultados

Cuadro 10. Jornadas técnicas y cursos para difundir el control biológico (continuación).

Jornada técnica /curso	Participantes	Año	Lugar
Curso <i>Control de maleza acuática con énfasis en el lirio acuático.</i>	Gerentes de módulos (DR 024 Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora, Mich.).	2000	Colegio de Michoacán en Zamora, Michoacán.
Curso <i>Control integral de maleza acuática.</i>	Estudiantes y asistentes al XXI Congreso ASOMECIMA.	2000	Curso pre-congreso Morelia, Mich.
Taller de capacitación sobre el problema y control de <i>Salvinia molesta.</i>	34 técnicos de 11 módulos del DR 014 Río Colorado.	2002	Oficinas del DR 014 Río Colorado.
Curso <i>Control de maleza acuática.</i>	Estudiantes y asistentes al XXI Congreso ASOMECIMA.	2010	Curso pre-congreso, Cancún, QR.

Presentación de trabajos (documentos y congresos)

La difusión mediante documentos y otros foros ha sido una preocupación permanente para estar

ligados a asociaciones donde se han presentado los avances obtenidos, procurando su difusión y fomentar así la discusión sobre diversos temas entre los investigadores de distintas áreas del conocimiento.



DR 092 Río Pánuco, Veracruz.



Demostración de campo.



DR014 Río Colorado. La amenaza de salvinia.



CENATRYD. Curso a Residentes de conservación.

Fotografía 17. Cursos sobre maleza acuática.

En el periodo 1993-2011 se han presentado más de cien ponencias con sus respectivos documentos, particularmente en la Asociación Mexicana de Ciencia de la Maleza (ASOMECEMA) y en la Asociación Latinoamericana de la Maleza (ALAM), pero también se ha participado en otros foros, como los congresos de la Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación (ANEI) y la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH).

Al interior del IMTA, se han elaborado 11 informes anuales del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego, un informe a CONACYT, cuatro informes a organizaciones

de usuarios, dos manuales y un artículo arbitrado. Con centros educativos, mediante convenios de colaboración, se elaboraron 11 informes (Cuadro 11).

También, se ha participado en stands o exhibiciones en ferias regionales agropecuarias, como las de Sinaloa y, en particular, en la Expo-Transferencia 2000, en el marco del Congreso Internacional sobre Transferencia de Riego, celebrado en Mazatlán, Sinaloa, en el 2000, mostrando los avances del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego.

Cuadro 11. Informes anuales y otros documentos.

Documento	Tema / (Núm. de informes elaborados)	Año
Informes de proyectos anuales del IMTA.	Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego. (11)	(1992-2002)
Informe final del proyecto CONACYT.	Desarrollo de una base biológica y tecnológica para el biocontrol de la maleza acuática en canales y drenes de distritos de riego. (1)	1999
Informe final con centros educativos.	Convenios con el Colegio de Postgraduados. (2)	1993-1995
	Convenios con la Universidad Autónoma de Tamaulipas. (5)	1994-2000
	Convenios con la Universidad Autónoma de Sinaloa. (4)	1995-2000
Informe final de convenios con asociaciones de usuarios.	Convenio Módulo Santa Rosa, DR 075 Río Fuerte. (3)	(1996, 1998 y 2000)
	Convenio con 18 módulos del DR 010 Culiacán-Humaya. (1)	(1996)
Manuales.	<i>Control integral de maleza acuática en distritos de riego.</i>	1999
	<i>Manual para el control biológico de maleza acuática sumergida con carpa herbívora.</i> (2)	1999
Artículo internacional arbitrado.	BioControl 48: 509-608, 2003 (1)	2003

Intercambio de experiencias de carácter internacional

El intercambio con expertos internacionales permitió a los integrantes del equipo de trabajo adquirir una visión más completa de los procesos que se viven en México. Conocer sus centros de trabajo y sus proyectos fue otro aporte que dio mayor certeza en el camino que se recorría en esas épocas. Entre las visitas más significativas se encuentran:

Valle Imperial, EUA

En 1993 se realizó una de varias visitas al Irrigation District Imperial Valley, que permitió tener intercambio con Randall Stocker y Pablo Chávez, quienes dieron una visión del manejo de la carpa herbívora triploide para mantener bajo control la hydrila en dicho distrito.

El Cairo, Egipto

En 1994 se realizó una visita técnica al Research Institute of Weed Control & Maintenance, de Egipto, dirigida por Dr. Ammed F. Kattab, que permitió conocer sus experiencias en el control de maleza acuática (lirio y maleza sumergida), en especial del uso de la carpa herbívora como un importante agente de control biológico. En ese país se da una interdependencia entre el instituto de investigación y las áreas operativas dignas de considerarse en el proceso que se vive en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Fort Lauderdale, EUA

En 2000 se visitó el Aquatic Plant Management Laboratory del USDA, ARES SSA, en Fort Lauderdale. Fue un intercambio de experiencias con el equipo de trabajo del Dr. Ted Center sobre el manejo de la maleza acuática, en particular del control biológico del lirio acuático y de maleza sumergida.

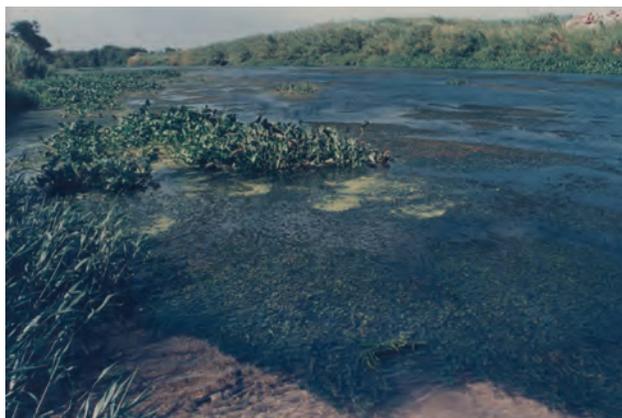
REUNIONES CON EUA SOBRE MALEZA ACUÁTICA

Con base en la validación de los métodos para controlar la maleza acuática, se participó en reuniones con grupos de EUA que atienden problemas de maleza acuática en el Río Bravo y Río Colorado, ligados íntimamente al problema de maleza acuática que sufren el DR 025, Bajo Río Bravo, y DR 026, Bajo Río San Juan en Tamaulipas, y el DR 014, Río Colorado en Baja California.

Maleza acuática en el Río Bravo

Ante el problema de las fuertes infestaciones de maleza acuática (lirio acuático e hydrila) en el Río Bravo, se participó en reuniones de carácter binacional con el grupo de EUA Aquatic Weed Task Force (Fotografía 18). En una de las primeras reuniones, en 1998, personal del IMTA dio una explicación del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego, sobre los avances exitosos del control de hydrila y control del lirio, (mecánico, químico y biológico). También, se expusieron los avances en proceso sobre el lirio chino y la importancia de otras especies. Por la parte estadounidense plantearon alternativas técnicas para el control de la maleza, haciendo énfasis en el uso de químicos. Finalmente, se convino en dar prioridad a los controles mecánico y biológico, y no recomendar el químico dada la normatividad y restricciones de uso del producto en México, máxime que el agua se emplea para consumo humano.

Los participantes del IMTA en estas reuniones binacionales sostuvieron la postura de que las acciones realizadas en el Río Bravo no incluyeran el método químico y que se desarrollara un programa basado en el método biológico. Sin recursos y sin un programa definido institucionalmente, la parte mexicana participó en las reuniones binacionales sólo con información y planteamientos para aprobar las acciones del grupo norteamericano,



Fotografía 18. Río Bravo con problemas de lirio acuático e hydrila (2000).

que sí contaba con recursos y participación de autoridades de las diferentes instituciones, además del personal técnico (Cuadro 12 y Fotografía 19).

Por su parte, el gobierno de Texas, EUA, a través del Aquatic Weed Task Force del Rio Grande Regional Water Planning Group (RGRWPG), maneja un programa con varios grupos de trabajo en el que participan diversas instituciones (Department of Interior Bureau of Reclamation, Texas Water Development Board, Texas Parks

Wildlife Department, USDA-Agricultural Research Service e Irrigation Districts, entre otras), lo cual le da una gran capacidad de recursos físicos, económicos y humanos.

En esas condiciones, los técnicos de EUA iniciaron y ejecutaron estudios sobre los neoquetinos, la carpa herbívora triploide y la mosca (*Hydrellia pakistanae*) en el Río Bravo y zonas de riego aledañas.

Cuadro 12. Reuniones binacionales en las que se participó.

Sitio	Fecha	Objetivo	Resultados y acuerdos
McAllen, Texas.	01-Jul-98	Determinar, por parte del Comité Binacional, acciones a corto y largo plazos y definir de dónde se obtendrán los recursos.	Definir sitios para control químico y uso de maquinaria. Participarán en el subcomité CILA, CONAGUA e IMTA. CILA proporcionará accesos al Río Bravo, utilizados en el monitoreo binacional de la calidad del agua de este río.
Mercedes, Texas	07-Jul-98	Interaccionar	
Reynosa, Tam.	14-Jul-98	Exposición de experiencias del control integral de maleza en México	Explicación de las experiencias exitosas del manejo integral de maleza acuática, basado en el control biológico en México (IMTA). Se acordó no usar químicos por el uso doméstico del agua en México. En función de lo discutido, se preparará la propuesta del programa al gobierno de Texas.
Mercedes, Texas.	10-Sep-99	Programa del control biológico y mecánico.	Se discutieron las diferentes acciones a realizar para la propuesta al gobierno.

Métodos y resultados

Cuadro 12. Reuniones binacionales en las que se participó (continuación).

Sitio	Fecha	Objetivo	Resultados y acuerdos
Mercedes, Texas.	29-Ago-00	Avances	El grupo de EUA presentó el proyecto piloto del uso de la carpa herbívora para el control de hydrila y el programa de los neoquetinos para el control del lirio acuático. Se coincidió que el control biológico es la opción más adecuada. Por parte de México, se confirmó el acuerdo de no usar químicos por el uso doméstico del agua y porque, al igual que el mecánico, es sólo una solución temporal.
Mercedes, Texas.	15-Feb-01	Avances	Se volvió a discutir el uso de la carpa. Se insistió en el uso de químicos y se presentaron opciones de control mecánico (trituration). Se comentó que ya se había acordado lo de los químicos.
Weslaco, Texas.	17-Jul-01	Avances	Explican el retraso del proyecto piloto con carpa triploide. La parte mexicana considera que ya deberían realizarse liberaciones masivas para el control de la hydrila, ya que es la única solución viable y que el estado de Texas lo autoriza legalmente. Programan la trituration del lirio. Se les pide que se realice una buena trituration y se avise con anticipación a la parte mexicana. Se explican avances del control biológico del lirio empleando neoquetinos y del proceso del uso de <i>Hydrellia pakistanae</i> para el control de hydrila.



Fotografía 19. Reunión binacional México-EUA (1998).

En el Río Bravo están presentes las dos especies de neoquetinos que, en general, y desde 1998, se presentan en una densidad menor a un adulto por planta que no logra imponer un efecto de control efectivo en el lirio. A pesar de ello, la experiencia en los distritos de riego en México indicó que el control biológico podría funcionar perfectamente, por lo que siempre se estuvo de acuerdo con

el grupo norteamericano sobre su uso. Por lo mismo, se pretendió que de la parte mexicana se participara con algún programa que permitiera aplicar esa experiencia. Sin embargo, el equipo del IMTA no logró conseguir financiamiento para ello.

Por otra parte, a pesar de los buenos resultados que la parte mexicana presentó sobre la carpa como agente de control de la hydrila,

hubo renuencia por parte de investigadores y autoridades de EUA para emplearla masivamente, ya que temían por la ecología del río y los esteros. Como se mencionó, los estadounidenses programaron primero un trabajo experimental que no inhibía hacer liberaciones masivas. El grupo de México consideraba su uso masivo como la mejor forma de controlar la hydrila, con lo que mejoraría las condiciones ecológicas al restablecer las condiciones naturales del río.

No obstante su preocupación por el medio, curiosamente la parte norteamericana siguió insistiendo en el uso de químicos. La propuesta mexicana no se consideró adecuada y posteriormente se fue excluyendo. Por la carencia de recursos, no fue posible seguir asistiendo a las reuniones ni continuar con el relativo seguimiento al problema de la maleza acuática en el Río Bravo.

La revisión binacional requiere mayor importancia por parte de las autoridades de México, dado que están en juego los intereses de ambos países. Fue muy poco el apoyo dado hasta el 2000 a los representantes mexicanos (CILA, la Gerencia Regional, el Distrito 025 y el IMTA) para atender este problema y decidir sobre dicho Programa. Sólo se asignaron recursos para asistir a las reuniones.

El IMTA, a través de personal de la Coordinación de Riego y Drenaje, planteó constantemente la posibilidad de participar mediante algún programa para atender las necesidades del país; sin embargo, no se logró que las autoridades aprobaran un financiamiento por medio de alguna institución para atender este problema de la hydrila y el lirio.

Para tomar medidas políticas y técnicas que mejoren el aprovechamiento del agua del Río Bravo, se recomendó la integración de un grupo de trabajo y disponer de recursos económicos. De esta manera, se lograría desarrollar un programa paralelo al de EUA sobre el control de maleza acuática enfocado a resolver las necesidades del país. En el programa deberían participar la CONAGUA (en sus diversos ámbitos: distrito, regional, estatal y nacional), la Comisión

Internacional de Límites de Aguas, la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el gobierno del estado (centros piscícolas, COMAPA, etc.) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

La experiencia lograda hasta ese momento en el Programa de Control de Maleza Acuática en los Distritos de Riego permitió, desde entonces, plantear un programa de control biológico empleando los agentes de control biológico del lirio y la hydrila.

Sin embargo, desde el 2000, el personal de la Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA prácticamente perdió contacto con esas reuniones, no obstante tener un planteamiento claro y definido de qué hacer y disponer de un método para hacerlo.

Maleza acuática en el Río Colorado

La salvinia apareció en el dren principal del Palo Verde Irrigation District, Blythe, California, en 1999, aparentemente introducida por descuido de una tienda de pesca aledaña. No se le dio mayor importancia y, después de un año, se tomaron medidas muy costosas. En 2001, el programa Salvinia Eradication Program tuvo un costo de 104,298.69 dólares y el Bureau Reclamation gastó 96,000.00 dólares para el control de salvinia en ese mismo año. Además, otras agencias también tuvieron gastos al respecto.

La salvinia es una planta exótica que en diferentes países representa una seria amenaza para la ecología de los cuerpos de agua dulce, en especial para el funcionamiento de los distritos de riego. Esta maleza, sumamente agresiva y nociva, es considerada como una de las especies acuáticas más peligrosas en el mundo.

Para atender este problema en EUA, se conformó el grupo interinstitucional denominado Lower Colorado River Giant Salvinia Task Force. Desde su integración, se reúnen periódicamente técnicos y autoridades diversas, y conformaron equipos de trabajo de coordinación, financiero, regulación, implementación, monitoreo, investi-

gación, internacional y documentación. Desde su inicio, el combate de la salvinia ha tenido fuertes inversiones. Para 2003, se planeaba una inversión de \$2,000,000.00 de dólares para el control de *Salvinia molesta* en Palo Verde Irrigation District y el río Colorado en ese país. Personal técnico del IMTA participó del 2001 al 2003 en dichas reuniones con recursos del propio Instituto, asumiendo el papel técnico (Cuadro 13 y Fotografía 20).

En ese periodo resalta la reunión del grupo Lower Colorado River Giant Salvinia Task Force, del 14 de agosto de 2002, donde el Ing. Francisco Bernal, de la CILA en México, presentó fotografías de la visita binacional realizada en julio a diferentes sitios infestados de México. Por su parte, Ovidio Camarena, del IMTA, hizo una presentación sobre el programa de control que se efectuaba en el DR 014 Río Colorado, sobre las acciones de capacitación, organización y planeación para el seguimiento y control de salvinia.

Se mostró la forma en que se había propagado la infestación, desde su introducción de EUA a

México, en 2001, hasta agosto de 2002, llegando a 183 km de canales infestados. Se planteó la necesidad de que EUA estableciera un programa de control de salvinia en el que se consideraran barreras aguas arriba de la presa Morelos, pero en EUA y no del lado mexicano, como ellos planteaban. También, se señaló la importancia de contar con su aportación de 40,000 carpas herbívoras en talla de siembra para el programa en México.

En esa ocasión la postura mexicana, desde el punto de vista técnico, fue muy clara ante los técnicos, investigadores y autoridades de EUA, donde además se les solicitó la elaboración de un programa de control en dicho país para evitar el paso permanente de salvinia y otras plantas a México, que afectaban directamente al DR 014, Río Colorado.

En dicha reunión, también se comentó la conveniencia de que las reuniones tomaran el carácter binacional.



Fotografía 20. Participación en reuniones (Lower Colorado River Salvinia Task Force).

Cuadro 13. Reuniones de Lower Colorado River Giant Salvinia Task Force.

Fecha	Información de reuniones (principalmente en Blythe, California)
13-17 agosto 2001	Avance por grupos de trabajo (dirección, financiamiento, reglamentación, campo, monitoreo, internacional, investigación y documentación). Distrito de Blythe programa 170,000 dólares en su combate. La infestación de salvinia en el río Colorado va desde leve hasta moderada, en la presa Imperial existe una infestación importante. En el río no se realiza ninguna acción para evitar que llegue a México.
23-26 octubre 2001	Recorrido de campo: tramo de un dren con 100% de salvinia fue tratado con herbicida, eliminó la mayor parte de la población en proceso de reinfestación. En Three Fingers Lake se encuentra un <i>boom</i> para retener la salvinia, por falta de mantenimiento se rompió. En Walter Camp se encontró infestación de tule y de cola de zorra donde se establece y desarrolla la salvinia. Desemboca al río que la transporta hasta la presa Imperial y de ahí a México (EUA no realiza ningún control en el río Colorado). El dren principal se vio afectado de salvinia en 15 millas. El control es de 10,000 dólares/ milla. Actualmente, pequeña reinfestación a sus orillas. En los drenes hay cola de perico (<i>Myriophyllum sp</i>). Participaron 34 personas: autoridades, técnicos e investigadores (treinta de EUA y cuatro de México). El equipo de trabajo atiende sus propias necesidades, por eso el gobierno mexicano debe exigir a EUA que realice todo el esfuerzo necesario para evitar que la salvinia entre libremente a México.
29 enero-1 febrero 2002	Reunión en Palo Verde: Richard Glaimore y Billy Salomón, responsables del programa de <i>Salvinia molesta</i> en Palo Verde Irrigation District y Al Goff de USIBWC-Yuma de EUA, presentaron la problemática de la salvinia y las acciones realizadas al grupo mexicano encabezado por la Ing. Rosario Angulo, Subgerente de Conservación de la CONAGUA. Describieron la problemática y señalaron el fuerte incremento en las inversiones, que para el 2003 se planteaba del orden de \$2,000,000.00 de dólares para incluir el control de salvinia en el río Colorado.
22 abril-3 mayo 2002	<p>Participaron 25 representantes de diversos organismos e instituciones. Por México, el Ing. Bernal de la CILA informó de la situación sobre el avance de esta maleza en el DR 014, Río Colorado, en los canales Reforma, Independencia y Revolución. Se plantea la necesidad de recursos económicos para las acciones de control en campo. El Biól. Roberto Rangel comentó que el área de la CONAGUA sí cuenta con recursos económicos, sólo que él no considera que en la actualidad la salvinia sea un problema. Se evalúa la donación de instalación de un <i>boom</i> en México, para detener la incursión de la salvinia, a través del río Colorado.</p> <p>El grupo solicitó que se revise un folleto de divulgación en inglés y español para su distribución. Existe interés por las acciones de control en México. Los organizadores expresaron su deseo de darle un carácter binacional a las futuras reuniones.</p> <p>William Salomón, uno de los responsables del control de salvinia en Blythe, California, señaló que existe resistencia para apoyar el programa de la salvinia, ya que aparentemente está solucionado. Si no fuera por el programa, en lugar de haber gastado miles de dólares, se hubiese requerido desembolsar millones (comentario fuera de reunión).</p>
14 agosto 2002	Por parte de México, Ovidio Camarena presentó el programa que se realizaba sobre control de salvinia en México. Se mencionaron las acciones de capacitación, organización y planeación para la detección, retención, registro y control de salvinia en el DR 014 Río Colorado. Se mostró gráficamente la rápida propagación de la salvinia hasta alcanzar 183 km en 2002, y se planteó la necesidad de que EUA estableciera su programa de control de salvinia y barreras aguas arriba de la presa Morelos. También, se señaló la importancia de disponer de 40,000 carpas herbívoras desarrolladas para el programa en México.

En 2003 se participó en otras tres reuniones pero sin recursos ni proyecto. La situación, hasta entonces, permanecía de la misma manera: la salvinia y otras malezas sumergidas se seguían introduciendo desde EUA, por el río Colorado, afectando los canales del DR 014 Río Colorado en México.

A partir de 2004, personal de la CILA y del DR 014 Río Colorado continúan participando en dichas reuniones, pero el grupo de trabajo del IMTA ya no ha contado con proyecto y recursos para asistir; ni darle seguimiento al problema de las salvinia en dicho distrito.

PROGRAMA DE SALVINIA MOLESTA EN EL DR 014 RÍO COLORADO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

En 2002 se realizó un programa específico para evaluar el problema de la infestación de salvinia que afecta al DR 014 Río Colorado.

En México se introdujo procedente de EUA por el río Colorado y afecta, desde 2001, a presas y canales del DR014 Río Colorado. No se tomaron medidas para evitar su introducción, no obstante las advertencias de los propios técnicos e investigadores del vecino país.

El control en EUA se centró en el distrito de Palo Verde, por lo que la salvinia se ha propagado aguas abajo a lo largo del río Colorado. En México, no obstante la inquietud de personal y autoridades del distrito de riego, de la CILA, del USDA y del IMTA, no se logró generar proyecto alguno para evitar que se introdujera a México. Así, como era de esperarse, en el 2001 se reportaron las primeras poblaciones de salvinia en nuestro país.

Ante esta situación, la CONAGUA estableció un convenio con el IMTA para determinar alternativas técnicas y realizar una primera fase para el control integral *Salvinia molesta* en el DR 014 Río Colorado. De esta manera, se generó un proyecto durante el 2002.

Se integró un grupo de trabajo (basado en el grupo existente para el control de hydrila) con la participación del distrito de riego, la S. de R. L., el USDA y la CILA, este último, por ser un problema de carácter binacional.

A las autoridades de la S. de R. L., de los 22 módulos de riego y del distrito se les explicó de manera amplia, en varias reuniones de trabajo, las características de la maleza, su probable impacto y la necesidad de que todos contribuyeran en la estrategia y acciones para su control; hubo consenso general en realizar las acciones que se plantearon (Fotografía 21).



Fotografía 21. Reuniones (CONAGUA, CILA, USUARIOS, USDA y personal del IMTA).

De acuerdo con el diagnóstico realizado además de que la salvinia seguía introduciéndose procedente de EUA por el río Colorado se presentaba el problema del crecimiento y propagación de la población que ya infestaba las presas derivadoras y canales del distrito de riego.

La información disponible sobre *Salvinia molesta* indicaba que muy probablemente se propagaría y ocasionaría severos trastornos en los canales del distrito de riego, por lo cual se sugirió poner especial atención en esta maleza.

En esas condiciones, se planteó al grupo Salvinia Task Force que estableciera barreras, que denominaban *booms*, en el lado norteamericano y aguas arriba de la presa Morelos para contener y extraer la salvinia. Con ello, se evitaría que se introdujera constantemente por esa vía a nuestro país y además se impedía su establecimiento en la parte mexicana, a diferencia de lo que sugerían los expertos norteamericanos. Esta petición no tuvo fuerza y quedó en lo que decidieron los estadounidenses.

En 2002, cuando la población de salvinia que se encontraba en los canales era mínima, se pretendió responsabilizar a personal técnico de cada módulo de riego para realizar la extracción de la maleza. La intención era evitar su crecimiento explosivo en época de calor (Fotografía 22). Esto quedó en el ámbito de los técnicos y sin un apoyo oficial de sus diferentes autoridades, por lo que no tuvo mayor impacto.

En la red principal la responsabilidad es del distrito y de la S. de R. L., con apoyo de la USDA, por lo que se procuró hacer conciencia ante sus autoridades.

La gran ventaja es que, desde hace varios años, en el distrito se desarrolla el programa para el control de hydrila empleando la carpa herbívora y ésta también consume la salvinia, por lo que se implementaron acciones que favorecen el control de ambas especies. De esta manera, se realizaron ensayos experimentales para retener la salvinia a través del control biológico con carpa herbívora en tramos de canales estratégicos. La idea principal

fue controlar la salvinia al mismo tiempo que la hydrila y otras plantas sumergidas que afectan severamente gran parte de la red de canales del distrito.

Se organizó y desarrolló un taller de discusión y revisión de la salvinia, al cual asistieron 27 técnicos (24 de módulos, tres de la SRL) y siete instructores: tres de la USDA, dos del IMTA, uno de la CONAGUA y uno del distrito). Se planteó el posible impacto de la infestación de la salvinia, así como sus alternativas de control y manejo (Fotografía 23). Se formaron grupos de trabajo por módulo y se realizaron recorridos para detectar e identificar la planta, y se discutieron las acciones de control y seguimiento. Finalmente, se establecieron compromisos específicos que se diluyeron en el ámbito técnico porque no hubo compromisos por parte de las autoridades de los módulos, ni de la SRL, ni del distrito de riego.

El seguimiento de la infestación era clave para el manejo. A pesar de que la salvinia se había detectado en la presa Imperial desde 2000, no se registró en México sino hasta 2001, en la presa Morelos y algunos puntos muy localizados de los canales Reforma, Independencia y Revolución. La salvinia continuó propagándose aceleradamente, al grado que para agosto de 2002 se registró su presencia en 183 km de canales del distrito (Fotografía 24).

En el taller se planteó que cada módulo llevara un registro y control, detectando y estableciendo sitios estratégicos de retención y extracción. La idea era evitar el crecimiento explosivo de las plantas y hacer conciencia en las autoridades sobre la importancia de atacar el problema antes de que creciera desmedidamente.

El programa de control de salvinia no tuvo continuidad, y sólo gracias al programa de hydrila y a los trabajos de prueba con la carpa para la salvinia y otras malezas sumergidas fue que, de alguna manera, se ha evitado su crecimiento explosivo.

La situación era grave en 2002 y ha empeorado, aunque aún no ha causado problemas de

Métodos y resultados

operación serios. En ese tiempo, se estimaba que las infestaciones severas se presentarían en los siguientes dos años. No ha ocurrido así, entre otras razones por la presencia de la carpa herbívora que se aplica en el programa de control

de hydrila, y que fue liberada para probar su uso contra la salvinia en el canal principal. Sin embargo, los problemas de infestación severa por salvinia son latentes.



Fotografía 22. Acciones de seguimiento de salvinia.



Fotografía 23. Taller sobre la salvinia dirigido a técnicos de los módulos de riego.

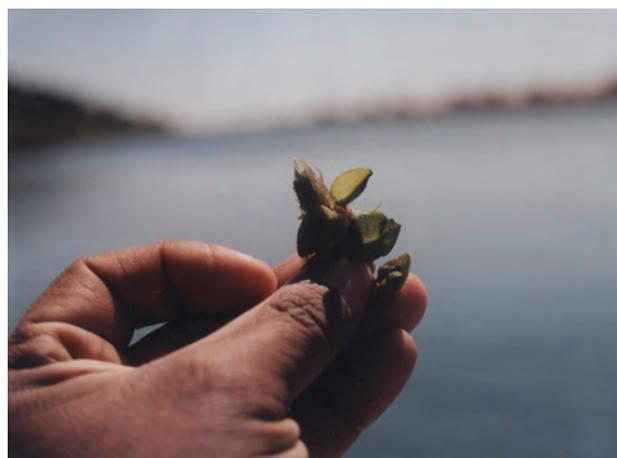
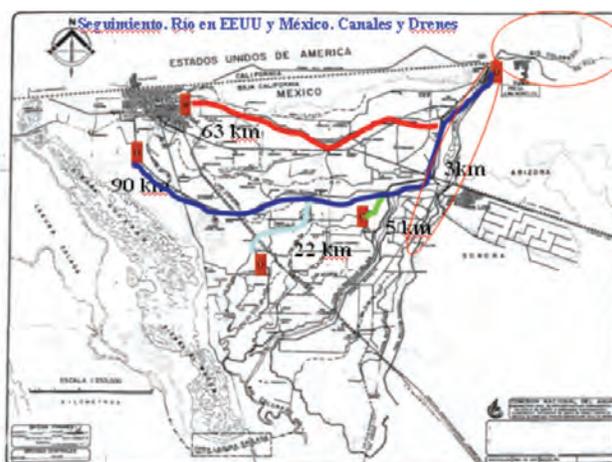


Compuertas de la presa Morelos.



Aguas debajo de la presa Morelos.

Fotografía 24. Salvinia en 183 km de canales, DR 014 Río Colorado (agosto 2002).



Fotografía 24. Salvinia en 183 km de canales, DR 014 Río Colorado (agosto 2002) (continuación).

En reunión celebrada el 5 de octubre de 2004 en las Oficinas de la Sección Mexicana de la CILA, en Mexicali, se formalizó la constitución del Grupo Técnico para el Control de *Salvinia molesta* en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, se estableció el Comité Directivo y se definieron, en forma preliminar, cinco subgrupos de tareas.

Con este grupo se pretendía darle atención y seguimiento a este problema; sin embargo, se careció de recursos y se volvió inoperante. El IMTA ya no ejecutó más acciones, a pesar de la importancia que reviste ese problema.

Así, se ha tenido una participación limitada y sin intervenir decididamente en la solución de este problema que se vincula directamente a los intereses del país en la materia.

Para lograr un manejo y control efectivo de esta maleza, en particular, es indispensable la participación de las diferentes instituciones involucradas, aportando personal y recursos materiales, como lo hace su contraparte en Estados Unidos.

La salvinia es una maleza que, al propagarse a otros cuerpos de agua del país, puede representar un serio problema similar al que ocasiona el lirio acuático. Por eso es importante que las autoridades centrales no descuiden esta situación.

Es fundamental controlarla ahí y evitar su traslado y propagación que puede ser, incluso, accidental.

OTROS ESTUDIOS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O DESARROLLO

La problemática de la maleza en zonas de riego es tan amplia, que se pueden y deben desarrollar diversos estudios y líneas de investigación. Algunas de ellas, en las que se incursionó en el proyecto de control de maleza acuática en distritos de riego, fueron las siguientes:

Control biológico de lirio acuático mediante la palomilla (*Niphograptus albiguttalis*)

Al igual que los neoquetinos, esta palomilla (*Niphograptus albiguttalis*) es considerada como un buen agente de control biológico del lirio acuático.

El Dr. Ted Center y el Dr. Jack Deloch, expertos del control biológico en EUA, durante una visita por diferentes estados de México realizada en 1993, plantearon la posibilidad y conveniencia de manejar esta especie en los distritos de riego.

En México no había conocimiento sobre experiencias del manejo de *Niphograptus*

albiguttalis, conocida hasta entonces como *Sameodes albiguttalis*, por lo que una vez avanzada la experimentación y validación con los neoquetinos surgió entre el personal del Colegio de Postgraduados y del IMTA la inquietud de validar esta especie.

En convenio con el Colegio de Postgraduados, en 1996, se localizó población de la palomilla insectos en la presa hidroeléctrica de Tuxpango, Ver., por lo que no fue necesario traerla de Estados Unidos o Argentina. Se colectó, revisó y empacó una población de 493 organismos (237 larvas y 256 pupas) y para su evaluación fue sometida a cuarentena y reproducción en el Colegio de Postgraduados (Fotografía 25).

En el laboratorio los insectos se criaron individualmente, fueron seleccionados adultos vírgenes, libres de parásitos o enfermedades. En dos generaciones de este insecto se eliminaron parásitos biológicos como: un nemátodo (*Mermitidae sp*), un hongo (*Entomophthora sp*), dos himenopteros parasitoides y tres protozoarios de los grupos Flagelata, Ciliata y Microsporidia.

Persisitían en ese estudio dos bacterias pertenecientes al grupo *Erwinia* y la otra al *Pseudomonas fluorescens*. Sin embargo, el manejo de la población de la palomilla se complicó y no se obtuvieron los resultados deseados.

En septiembre de 2003, durante un recorrido por el DR 024 Ciénega de Chapala, Mich., se hicieron algunos muestreos de neoquetinos en canales, encontrando casualmente una larva que presumiblemente era la palomilla *Niphograpta albiguttalis*. Esta especie tiene una larva más grande y vistosa que la de neoquetino y provoca un gran daño a la planta, por lo que su presencia representaba un importante hallazgo, el cual, con un adecuado manejo podría fortalecer el programa de control biológico y aumentar las perspectivas de éxito en dicho distrito (Fotografía 26).

En diciembre del mismo año, en el dren Partidas del DR 061 Zamora, Mich., infestado de lirio y zacate entrelazado, se encontraron, además de neoquetinos, larvas y adultos de *Niphograpta albiguttallis*. La densidad de la palomilla encontrada en esos muestreos fue de 0.5 larvas/lirio.



Fotografía 25. Colecta de *Niphograpta* en Tuxpango, Veracruz (1996).



Fotografía 26. *Niphograptus albiguttalis* en canales del DR 024 (2003).

El efecto conjunto que ocasionan estos dos agentes biológicos de control de lirio es evidente, especialmente por el daño que provoca la palomilla (horadaciones en el tallo y las hojas nuevas muy carcomidas).

Como línea de investigación, es pertinente determinar si aún persiste la población de *Niphograptus albiguttalis* en los DR 024 Ciénega de Chapala y 061 Zamora Mich., y evaluar su impacto técnico, económico, social y ambiental como agente de control del lirio.

Control biológico de tule (*Typha sp*) mediante hongos

El tule (*Typha sp.*) es la maleza más prolífica en la infraestructura hidroagrícola de las zonas de riego del país. Se estima que infesta el 10% de canales y hasta el 45% de los drenes (CONAGUA, 1996). En ocasiones, es tan densa la población que llega a obstruir el área hidráulica de la infraestructura, provocando problemas serios en la operación y distribución del agua en los canales, y fuertes obstrucciones en los drenes.

En México, para la extracción del tule tradicionalmente se utiliza maquinaria pesada, lo cual deteriora la infraestructura y su control debe realizarse periódicamente, lo que representa un alto costo económico. En los últimos años, se ha incrementado el uso de productos químicos, ocasionando efectos nocivos a los ecosistemas.

Sin embargo, ni el control mecánico ni el químico resuelven el problema, ya que persiste la reinfestación de la maleza; en consecuencia, debe aplicarse un programa de control periódico de alto costo.

Ante este problema, en 1997 se iniciaron trabajos de investigación mediante un convenio con la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

En el DR 010 Culiacán-Humaya, Sin., mediante muestreos se determinaron las características básicas de la planta (hojas/planta, densidad, altura, peso, etc.). Se encontraron situaciones muy variables, por ejemplo, en uno de los drenes se determinó un promedio de 7 hojas/planta, una densidad de 69 plantas/m², con un peso de 14 kg, una altura de 2.44 m y un ancho de la base del tallo de 6 cm. (Fotografía 27).



Fotografía 27. Estudio de tule en drenes del DR010 Culiacán-Humaya, Sin.

Durante los trabajos de muestreo, también se colectaron hongos que afectan al tule, los cuales en condiciones controladas de laboratorio se reprodujeron y se hicieron los primeros ensayos de control del tule.

Con el apoyo económico de las organizaciones de productores, la UAS continuó la investigación y se determinó que dos de las especies pueden ser un buen agente de control del tule.

Es de particular importancia continuar con los estudios para determinar los mecanismos más efectivos para la aplicación de este agente biológico, y evaluar el impacto económico, productivo, ecológico, político y social.

Control químico y biológico del lirio chino o cebollín (*Hymenocallis sonorensis*)

El lirio chino o cebollín (*Hymenocallis sonorensis*) es una planta marginal que antes de 1990 no representaba un problema en la infraestructura hidroagrícola de las zonas de riego.

El mal uso de productos químicos ha favorecido el desarrollo de algunas especies, creando resistencia a los mismos, como es el caso del lirio

chino; especialmente en la región noroeste del país. Esta especie, se ha convertido en un severo problema en canales y drenes pequeños.

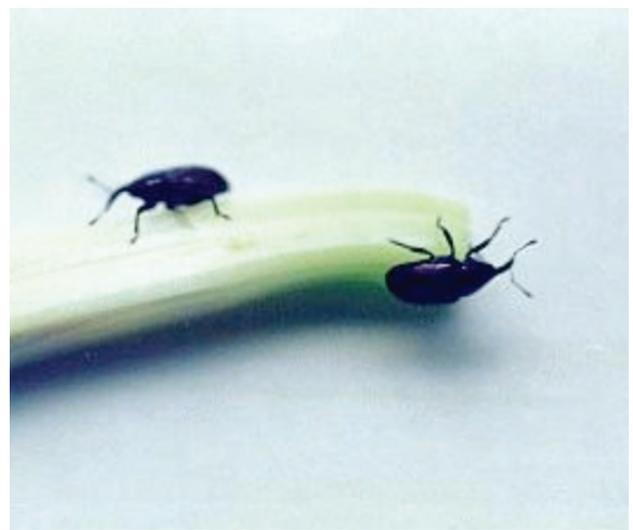
En los recorridos por los distritos del noroeste realizados en 1995-96 se detectó la inminente propagación del lirio chino en la infraestructura, por lo que se iniciaron estudios para conocer las características reproductivas de la planta, determinar alternativas de control y difundir la importancia de las medidas preventivas para evitar una propagación explosiva.

En 1997 se realizó un diagnóstico y control integral de lirio chino o cebollín (*Hymenocallis sonorensis*) en el DR 038 Río Mayo, Son. Se realizaron actividades de control integral basado en el químico con buenos resultados, en donde para contrarrestar la serosidad de la planta, se diseñó y aplicó un sistema para rasgar las hojas (aditamento con alambre de púas adaptado a la maquinaria de rastra).

Se impartieron cursos para sensibilizar a los productores y autoridades de los distritos del noroeste, para inducirlos a tomar precauciones y evitar que el lirio chino se siguiera propagando y extendiendo libremente.



Fotografía 28. Estudio del lirio chino.



Fotografía 29. Experimentación del control biológico del lirio chino.

En las instalaciones del IMTA se realizaron estudios de la fenología del lirio chino para determinar algunas de sus características que permitan combatirlo de mejor manera (Fotografía 28).

Por otra parte, en el distrito 038 Río Mayo, Son., se detectó que un insecto curculionido y un hongo del género *Cercospora* (*Cercospora pancreatici*) afectan al lirio chino. En condiciones experimentales se encontró que el picudo, conjuntamente con el

hongo, daña severamente el follaje y los escapos florales, impidiendo la producción de las semillas. Al alcanzar los tres adultos del insecto/planta se controla el 100% del follaje y causa la muerte del 40% de los bulbos. También, se observó que las macetas con maleza impidieron el desarrollo de los lirios, lo que también da elementos para el manejo de esta planta (Fotografía 29). El lirio chino es una especie que silenciosamente va infestando

la infraestructura de las zonas de riego, que sin un programa preventivo, representa una amenaza latente que requiere ser estudiada a detalle para determinar los agentes biológicos de control más viables y establecer una estrategia de control integral técnica, económica y socialmente efectiva.

Inventario y seguimiento de maleza acuática en zonas de riego

En las zonas de riego existe una importante diversidad de plantas acuáticas que infestan los cuerpos de agua y la infraestructura hidroagrícola. Los técnicos de los distritos de riego reconocen pocas especies y, por lo general, sólo por los nombres comunes de la región.

Por lo anterior, es importante contar con estudios florísticos y un sistema para identificar las especies existentes.

Durante recorridos por distritos del noroeste (especialmente el DR 010 Culiacán-Humaya, Sin,) se detectaron 39 especies representadas por treinta géneros y veinte familias de maleza acuática. Las más importantes se muestran en el Cuadro 14:

Cuadro 14. Especies de maleza acuática más representativas de distritos del Noroeste del país.

Especies sumergidas	Especies emergentes y marginales	Especies flotantes
- Surrapa (<i>Najas guadalupensis</i>). - Cola de caballo (<i>Potamogeton pectinatus</i>) - Cola de mapache (<i>Ceratophyllum demersum</i>).	- Chilillo (<i>Polygonum hydropiperoides</i>). - Tuetillo (<i>Hymenachne amplexicaulis</i>). - Tule (<i>Typha dominguensis</i>) y (<i>Typha</i> sp), y parám (<i>Urochloa mutila</i>). - Zacate johnson (<i>Sorghum halepense</i>)	- Lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>).

La información generada por medio de los recorridos de campo, colectas y registros fotográficos permitió elaborar el Manual para la identificación de las principales especies de maleza que infestan canales y drenes, que incluye 46 especies (16 terrestres y 30 marginales), 14 emergidas, 5 flotantes y 3 son algas. Este documento permite auxiliar a los técnicos y usuarios de riego en la identificación de las especies de maleza que se localizan en su área de influencia.

Asimismo, con la finalidad de contar con una herramienta para identificar las especies nocivas en las zonas de riego, se elaboró el sistema de cómputo SYMACID (Sistema para la identificación de las principales especies de maleza en canales y drenes), que muestra los registros fotográficos del manual. Dicho sistema requiere ser actualizado para obtener una versión más versátil y de mayor utilidad para los técnicos de las zonas de riego.

También, mediante un convenio con la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), se realizó un estudio de la flora asociada a la hydrila (*Hydrilla verticillata*) en los DR 025 Bajo Río Bravo, 086 Soto La Marina y 029 Xicoténcalt. Ahí se registraron 88 especies de plantas acuáticas, 51 géneros y 31 familias de plantas vasculares (sólo angiospermas), incluyendo a una alga macroscópica de la división Chlorophyta. Las familias de plantas vasculares mejor representadas fueron Poaceae, Cyperaceae y Compositae con 20, 18 y 8 especies, respectivamente.

De las 88 especies registradas, solamente el 29 (32.9%) son consideradas como maleza acuática en los canales de riego estudiados.

La hydrila es la especie más abundante, pero también son de importancia por su frecuencia *Typha dominguensis*, *Potamogeton illinoensis*, *Heterantera dubia*, *Ceratophyllum demersum* y *Najas guadalupensis* (Fotografía 30). El lirio acuático *Eichhornia crassipes* e *Hygrophila polysperma* y *Ludwigia repens* son abundantes y exclusivas del DR 029.

Se recomienda una atención especial a *Hygrophila polysperma*, que se encontró sólo en el DR 029 Xicoténcatl. Es una planta exótica que se propaga fácilmente por semilla y por fragmentos del tallo, y representa una especie potencial de infestación.

En el contexto del convenio con la UAT, se desarrolló también un sistema de información geográfica para dar seguimiento a la infestación de hidrila. Esta herramienta permitió valorar el grado de infestación por la red de conducción a través del tiempo en el DR 086. Se requiere actualizar

el sistema en su componente informática, con la finalidad de dar seguimiento al proceso de infestación de la maleza.

Como línea de investigación, es necesario que se realicen estudios florísticos en los distritos de riego para contar con un adecuado registro de la distribución, densidades y coberturas de las principales especies. De igual modo, es necesario actualizar o generar nuevos sistemas para su identificación y para el seguimiento de su infestación en la infraestructura de las zonas de riego.



Hydrilla verticellata



Zosterella dubia



Potamogeton pectinatus.



Najas guadalupensis.

Fotografía 30. Especies que afectan canales de riego.

Optimización de la maquinaria y equipo para el mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola de las zonas de riego

En las zonas de riego del país, el método de control de maleza en la infraestructura hidroagrícola más utilizado es el mecánico. Hasta 1993 se utilizaba maquinaria pesada que, por sus características de diseño y tiempo de uso, presentaba bajos rendimientos, altos costos de operación, además de que provocaba el deterioro de la sección hidráulica de los canales y drenes.

Con respecto a lo anterior, la CONAGUA implementó en ese año un programa de rehabilitación y modernización del parque de

maquinaria, introduciendo al país maquinaria denominada “equipo ligero”, que por sus características de diseño es el más adecuado para el mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola (Fotografía 31).

Para evaluar la eficiencia de dicho equipo, se desarrollaron trabajos en el DR041 Río Yaqui, Son., aplicando cada uno de los implementos (barra taludadora, canastilla de corte y desbrozadora) en diferentes tipos de canales y drenes, con diversas problemáticas de infestación de malezas. Se obtuvieron resultados importantes sobre rendimientos por tipo de infraestructura, por densidad de maleza, alcances de operación, consumo de combustible, problemática de deterioro de los implementos, etcétera (Fotografía



Fotografía 31. Evaluación del equipo ligero.

30), experiencia que se difundió mediante varios cursos teórico-prácticas en diversos distritos de riego del país.

También, en ese mismo año, se desarrolló una metodología denominada “determinación de necesidades de maquinaria en distritos de riego”, la cual se aplicó en el DR025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas.

En el año 2002, se planteó el desarrollo teórico para optimizar el uso de maquinaria y determinar el parque de maquinaria óptimo en las zonas de riego considerando, entre otros aspectos: tipo y características de la infraestructura hidroagrícola, tipo y problemática de infestación de maleza, inventario de maquinaria y presupuesto disponible, entre otros. El desarrollo teórico consiste en la aplicación de técnicas de investigación de operaciones como:

- La teoría de optimización, en donde se plantea la función objetivo para obtener el parque de maquinaria óptimo bajo ciertas restricciones.
- La teoría de redes, que permite determinar la ruta crítica de movimiento de la maquinaria por la infraestructura hidroagrícola
- La teoría de decisiones, para determinar el momento óptimo para la sustitución de la maquinaria.

Como línea de investigación, se requiere desarrollar cada una de las teorías mencionadas, obtener los algoritmos y elaborar un sistema de cómputo que permita a los técnicos de las zonas de riego optimizar técnica y económicamente el parque de maquinaria actual, y determinar el parque de maquinaria necesario para planear las futuras inversiones, en el afán de abatir el volumen de obra de conservación diferida, disminuir los costos de

operación y mantenimiento de la infraestructura, evitar el deterioro de la infraestructura y mejorar el servicio en eficiencia, oportunidad y suficiencia de entrega del agua de riego a los usuarios.

Este apartado adquiere relevancia al entender que el uso de maquinaria es indispensable por los diferentes requerimientos de conservación imperantes en el distrito entre las que destaca el desazolve y el propio control de maleza general. Esto implica la imperiosa necesidad de una adecuada coordinación y programación del control biológico y del mecánico para hacer más eficiente y menos costosa la operación y conservación de los distritos de riego del país.

Uso de pesticidas para el control de maleza en zonas de riego

Los herbicidas autorizados en México por la Comisión Intersecretarial para el Control y Uso de Plaguicidas y los Fertilizantes (CICOPLAFEST) para el control de maleza acuática en canales y drenes, son el glufosinato de amonio, el diquat y el glifosato. Como en muchos de los distritos el agua de los canales se emplea también para fines domésticos, los químicos son más restringidos. En los drenes es donde se han incrementado, inclusive en forma desmedida y con muchos efectos nocivos, principalmente por su mal empleo en cuanto a dosis y su aplicación.

Con el fin de influir en un mejor manejo del control químico para malezas en canales y drenes, se desarrolló un programa particular en el DR041, Río Yaqui, en 1993, que permitió controlar el lirio acuático en canales y el tule en drenes, validando dosis de aplicación del diquat y glifosato. En dos diques del DR 10, se validó también el glufosinato de amonio definiendo dosis de aplicación para el control de lirio acuático (Fotografía 32).



Fotografía 32. Aplicación de herbicida en el dique Hilda del DR 010.

El empleo de productos químicos en el control de maleza acuática en distritos de riego debe de regularse mejor, ser puntual y muy específico, debido a que no es un método que resuelva el problema, sino que requiere de aplicaciones periódicas en detrimento de la ecología.

Como línea de investigación, es conveniente continuar con la experimentación controlada de productos químicos para obtener las dosis óptimas para el control de maleza sin afectar el medio ambiente, así como determinar el equipo y/o maquinaria, el procedimiento y la metodología para su aplicación en forma correcta y ordenada.

También es deseable que se desarrolle una investigación para el uso de pesticidas biológicos en el control de la maleza acuática.

Para la maleza terrestre de taludes, canales y drenes, así como en la maleza acuática de los drenes, se utilizan métodos mecánicos y químicos, por lo que es fundamental que éstos se manejen de la mejor manera. De ahí la inclusión de estos temas.

En la medida que la investigación y validación de los métodos biológico vayan aplicándose y generalizando, y se procuren las mejoras tecnológicas en el empleo actual de la maquinaria y productos químicos, el manejo integral de la maleza acuática será más efectivo y eficiente. Los distritos de riego podrán avanzar de mejor manera

con beneficio para los productores, sus familias y una mejor interacción con el ambiente.

INVERSIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL DE MALEZA ACUÁTICA EN DISTRITOS DE RIEGO

Para desarrollar todos los trabajos descritos en este libro, el IMTA formalizó convenios de colaboración con la CONAGUA, el CONACYT y algunas organizaciones de usuarios. El interés y apoyo de la CONAGUA fue el eje rector de este Programa.

Para llevar a cabo el proyecto de control de maleza acuática en los distritos de riego del país, el IMTA contó con un ingreso económico en forma continua desde 1992 a 2000, y en 2002 para un proyecto de lirio en la presa Valsequillo, Pue., y salvinia en el DR 014 Río Colorado, B.C. De esta manera, se destinó un presupuesto total de 19.67 millones de pesos (a precios de 2005), para contribuir al manejo de la maleza acuática en 15 distritos de riego del país, atendiendo así la problemática del lirio y de la maleza sumergida.

La CONAGUA fue la principal promotora de este proceso, proporcionando el 86% del presupuesto; sin embargo, es importante mencionar que el CONACYT contribuyó con el

3%, pero de mayor relevancia fue lograr que los productores aportaran el 11 por ciento.

En el Cuadro 15 se aprecia el monto que se obtuvo a costos corrientes y a costos de 2005, para conocer su impacto en el tiempo.

Cuadro 15. Ingresos para el programa (1992-2002).

Aportación económica	Costos corrientes (\$)	A costos de 2005* (\$)	Participación (%)
CONAGUA	7,113,590	16,866,350	85.72
CONACYT	249,000	616,515	3.13
USUARIOS	1,001,800	2,193,960	11.15
Total	8,364,390	19,676,825	100.00

*La inversión de cada año se proyectó a costos de 2005.

Con esta inversión, se realizó un trabajo de experimentación y validación, así como programas masivos que permitieron definir una metodología para la reducción y control del lirio acuático, empleando neoquetinos como agentes biológicos y una metodología para reducir y controlar la maleza sumergida con carpa herbívora.

La inversión del proyecto se podría justificar exclusivamente con el proceso de investigación y validación efectuado; sin embargo, los logros del control masivo han tenido un impacto económico sorprendente.

Tan sólo en el DR 010 Culiacán Humaya, Sin., donde se han obtenido los resultados más claros e impactantes, se redujo la infestación de más de 2,500 ha y se ha mantenido sin reinfestaciones severas durante 16 años consecutivos, no obstante que el IMTA no ha participado desde el 2002.

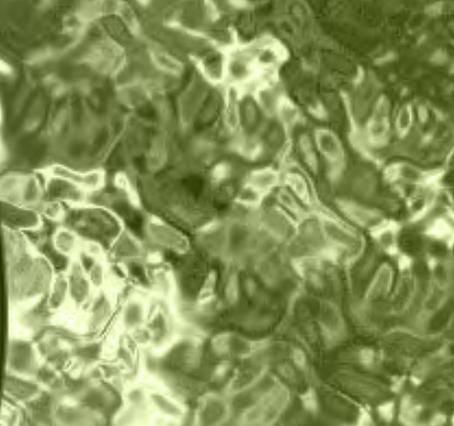
Si la eliminación de lirio hubiera sido mecánica exclusivamente de 1997 a 2012, se habría tenido que eliminar el lirio cada tres años por la reinfestación que ocurre inmediatamente que termina el control mecánico. De esa manera, el lirio se eliminaría sólo por un limitado tiempo, con mucho esfuerzo y gasto, y prácticamente se tendría su presencia en forma permanente como venía sucediendo hasta 1993.

Así, alcanzar estos resultados en el DR 010 por medios mecánicos hasta el 2012, habría tenido un costo superior a los 225 millones de pesos (a precios de 2005). En comparación el programa de control de maleza acuática realizado para todos los distritos, que incluye pruebas, cursos, videos, etc., representó un gasto total de sólo 19.67 millones de pesos (aprecios de 2005). Además, en la comparación falta considerar los diversos beneficios y ahorros en los demás distritos.

En la medida que trascurrieron los años los beneficios del control biológico se incrementaron considerablemente. Por si fuera poco, en los próximos años en ciertos cuerpos de agua, donde persista este control biológico del lirio, continuarán aumentando los beneficios del programa.



CONCLUSIONES



El IMTA, durante más de una década, desarrolló un programa de control de maleza acuática en diversos distritos de riego del país y demostró la posibilidad de mejorar su conservación y operación mediante la tecnología del control biológico. Estableció estrategias y metodologías para el control biológico de lirio y maleza sumergida, y desarrolló un proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica que puede replicarse en todos los distritos del país con problemas de maleza acuática. Fomentó equipos de trabajo interinstitucionales que pueden resurgir; desarrolló proceso de comunicación empleando audiovisuales valiosos para cambiar la cultura del manejo de la maleza acuática, y abrió diferentes estudios y líneas de investigación que esperan su desarrollo.

Aunque el programa no ha tenido continuidad por parte del IMTA desde 2002, en varios distritos y por muchos años sus efectos persisten hasta el momento, en beneficio de los productores, el medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos hídricos.

El programa fue llevado a cabo por equipos de trabajo que involucró instituciones educativas y de desarrollo, con lo que le dio mayor fortaleza y capacidad humana, económica y técnica a todo el proceso.

La participación de los productores y sus técnicos jugaron un papel fundamental del proceso, ya que su infraestructura representó el campo experimental y de aplicación masiva de la tecnología generada. Además, su disposición permitió y facilitó la integración entre productores e investigadores, y entre organizaciones de usuarios, centros educativos, de desarrollo e investigación.

Para las organizaciones de usuarios y la CONAGUA se establecieron estrategias y metodologías para resolver el problema de la maleza acuática, en particular,

del lirio y de la maleza sumergida, que afectan canales, drenes, ríos, diques y presas.

Los diques y presas del DR 010, Culiacán-Humaya y 074 Mocerito, se han mantenido libres de lirio por 16 años consecutivos (1997 a 2012), y los diques del DR 018 Colonias Yaquis, Son., por 13 años empleando los neoquetinos como agentes de control biológico.

Empleando la carpa herbívora como agente de control biológico, en el DR086 se eliminaron las fuertes infestaciones de hydrilla a lo largo de sus canales principales por cuatro años consecutivos. El canal 6+700 del Módulo Santa Rosa en el DR 075 se ha mantenido libre de maleza sumergida por más de diez años consecutivos.

Durante los años que se desarrolló este programa de control de maleza acuática en 16 distritos de riego, se erogaron 19.5 millones de pesos (a precios de 2005), con lo que hubo una disminución importantísima respecto a los gastos que se hacen al emplear otros métodos diferentes.

Mantener libre de lirio por 16 años consecutivos las presas y diques del DR 010 por medios mecánicos hubiese implicado una erogación de 225 millones de pesos (a precios de 2005). Por si fuera poco, en el resto de los distritos donde se aplicó el proyecto de control biológico se lograron múltiples beneficios, de diferente magnitud, que confirman la enorme rentabilidad de la inversión ejercida.

La experiencia y conjunción de esfuerzos institucionales de productores, autoridades, técnicos, investigadores y expertos internacionales tuvo un costo extremadamente reducido para los logros obtenidos. La inversión fue altamente redituable y muy significativa para el trabajo de investigación, validación y transferencia tecnológica que tiene como objetivo el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Este tipo de proyectos de control biológico pueden realizarse con un costo de uno a tres millones de pesos, en forma anual, en cada distrito de riego y recuperar la inversión en menos de tres años. Además, conforme pasan los años, en muchos casos el impacto de control persiste y los beneficios se incrementan y acumulan.

Tanto las autoridades como los productores deben valorar y aplicar esta metodología para evitar la erogación de grandes cantidades de dinero y estar afrontando grandes pérdidas directas o indirectas en sus procesos productivos. Las instituciones y las organizaciones de productores, hasta la fecha, han considerado el problema de la maleza acuática como algo ineludible y que, inclusive, puede llegar a ser objeto de lucro que afecta los intereses de los productores, de sus organizaciones y, en general, del país.

No se justifica seguir conviviendo con el lirio acuático ni con la maleza sumergida después de estos resultados alcanzados. Mucho menos seguir con los altos costos de conservación y operación ocasionados por esta maleza.

Es indispensable dar seguimiento a las especies exóticas como la hydrilla (*Hydrilla verticellata*) y la salvinia (*Salvinia molesta*), que actualmente están en pocos estados, y realizar un programa nacional para evitar que estas especies se propaguen explosivamente hacia los diferentes cuerpos de agua del país, y en particular de los distritos de riego.

Es imperativo que tanto el IMTA como las demás instituciones profundicen el proceso de investigación, validación y transferencia tecnológica para resolver el problema de la maleza acuática en los distritos de riego del país. Es un problema vigente que demanda solución en el ámbito nacional, máxime que se prevé aumento de la temperatura en próximos años que seguramente provocaran incrementos explosivos de la maleza acuática.

RECOMENDACIONES

Ante los resultados obtenidos en el proyecto de control de maleza acuática en distritos de riego, es recomendable que tanto la CONAGUA como el IMTA impulsen dos aspectos fundamentales:

Establecer una política pública en el ámbito nacional para que se implemente una estrategia de control y manejo del lirio acuático y maleza sumergida, basada en métodos biológicos a través de emplear los neoquetinos y la carpa herbívora en los distritos de riego y todos los cuerpos de agua que sufren estas infestaciones de maleza acuática.

Establecer formalmente este proyecto de control de maleza acuática en distritos de riego al interior del IMTA para que coadyuve con los productores de los mismos en resolver sus problemas de conservación y operación que ocasiona la maleza acuática, mediante un proceso continuo de investigación, validación y transferencia tecnológica.

En el ámbito de los distritos, y muy en particular de las organizaciones de usuarios (módulos y SRL), es recomendable que recurran a los agentes de control biológico para resolver en forma más económica, productiva y ecológica el problema de la maleza acuática en los distritos de riego del país.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. A. y Camarena, O. (1997). "Control biológico de maleza acuática en infraestructura de riego: una experiencia en Sinaloa" (primera de dos partes). En: *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XII Núm. 3. II Época. Septiembre-Diciembre pp. 77-80.
- _____ (1997). "Control biológico de maleza acuática en infraestructura de riego: una experiencia en Sinaloa" (segunda de dos partes). En: *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XII Núm. 3. II Época. Septiembre-Diciembre pp. 96-100.
- _____ (1996) *Programa de Control Biológico de Lirio Acuático en los Distritos de Riego 010 y 074*. Informe final de Proyecto RD 9609 y Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Aguilar, J. A.; Camarena, O y Vega, R. (1997) *Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9703 y Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Aguilar, J.; Camarena, O; Center, T. D. y Bojórquez, G (2003). Biological control of waterhyacinth in Sinaloa, México, with the weevil *Neochetina eichhorniae* and *N. bruchi*. *Biocontrol* 48: 595-608 Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Arreguín, C.F. y Gutiérrez, E. (1993). *Programa de Control de Maleza Acuática*. CONAGUA-IMTA.
- Banco Mundial (1983). *Mejoramiento de las eficiencias de operación en los sistemas de riego existentes (Estudio del subsector de riego primera etapa)*. Volumen I. Comprobaciones principales. 25 pp.
- Barko, J. W. (1989). "Synopsis of recent studies on the ecology of submersed macrophytes". Proceedings 24th Annual Meeting. Aquatic Plant Control Research Program. Miscellaneous Paper A-90-3 US Army Engineer Waterway Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, US.
- Barrett, C. P. (1989). "Waterweed invasions". In *Scientific American*. October. U. S. A. 90-97 pp.
- Bartley, T; Gangstad y Edward O. (1977). *Aspectos ecológicos del combate a las plantas acuáticas*. Memorandum Técnico. No.361. México (MX), SARH. De la Loma O. José L. (traduc.). 39 pp.
- Bastidas Ramírez, Virginia, et. al. (1980). *Investigación sobre aprovechamiento de malezas acuáticas en la reestructuración*

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)

- de suelos La Viña, Valle de Mezquital, Hgo. México (MX). SARH. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. Informe técnico (1).
- Bastidas, R.V. et al. (1980). *Investigación sobre el aprovechamiento de malezas acuáticas en la reestructuración de suelo*. SIE. SARH. Informe Técnico No. 1. México, D.F. 45 pp.
- Bojórquez, G. et al. (Coord.) (2011) *Manejo de malezas en México. Vol. 2 Maleza acuática*. Universidad Autónoma de Sinaloa-ASOMECEMA A.C.
- Bravo, I.L. et al. (1990). *Programa de Control Mecánico de Lirio Acuático*. Informe Final de proyecto. CNA. IMTA. CIECCA. México, D.F.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A. y Vega, R. (2003) *Validación del control biológico de lirio acuático de la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), Puebla*. Convenio de Colaboración Específico. Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en Puebla-IMTA.
- _____. (1994). *Control integral de maleza en canales y drenes de distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9406 y 3 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- _____. (2001). *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto sin registro y 4 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- _____. (2002). *Conservación de la infraestructura hidroagrícola mediante el control integral de la maleza acuática*. Informe final de Proyecto RD-0209 (Sobre salvinia en el DR 014 Río Colorado). México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A.; Vega, R. y Lomelí, J. R. (2000) *Control integral de maleza acuática en distritos de riego*. 2^{da} Edición. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.
- _____. (1998). *Control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9821 y Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A.; Vega, R.; Lomelí, J. R. y Espinoza, R. (1999). "Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego". En: *Riego ANEI, A.C. Año I, Núm. 1 mayo-agosto, 1999*.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A.; Vega, R. y Espinoza, R. (1999), *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9907 y 4 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A.; Vega, R.; Jaimes, S. y Robles, B. (1995) *Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9508 y 4 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Camarena, O. et al. (1999) *Manual para el control biológico de maleza acuática sumergida con carpa herbívora*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.
- Camarena, O. et al. (2000) *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-2009 y Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- 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.
- _____; Durden, C.W. (1986). 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. Fort Lauderdale, Florida, U.S.
- _____; Wright, A. D. (1991). "Age and phytochemical composition of waterhyacinth (Pontederiaceae) leaves determine their acceptability to *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae)". *Environmental Entomological*. 20 (1): 323-334. Fort Lauderdale, Florida, US.
- _____. (1987). 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 Agricultur
- Center, D.T.; 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.Ve
- _____. (1984). "Dispersal variation in infestation intensities of waterhyacinth moth, *Sameodes albiguttalis* (Lepidoptera: Pyralidae), populations in Peninsular Florida". *Environmental Entomology*. Vol. 13, No. 2. Fort Lauderdale, Florida, U. S. A.
- Center Ted D, Dray F.A. & Vandiver V.V. *Biological control with insects: The Waterhyacinth Weevils*. <http://hammock.ifas.ufl.edu/txt/fairs/2125>.
- Chilton, E. (1992) *Gras carp (White Amur)*. Texas Parks and Wildlife Department. Texas, USA.
- Clugston, J. P. & Shireman, J.V. (n.d.). *Triploid grass carp for aquatic plant control*. Florida, United States.
- DeLoach, C. J. & Cordo, H.A. (1976). *Ecological Studies of Neochetina btuchi and N. eichhorniae on Waterhyacinth in Argentina*. Biological Control of Weeds Laboratory, Agric. Res. Serv., USDA, Hurlingham, Buenos Aires Prov, Argentina.

Bibliografía

- DeLoach, C. J. & Cordo, A. H. (1976). Life cycle and biology of *Neochetina bruchi*, a weevil attacking waterhyacinth in Argentina, with notes on *N. eichhornia*. *Annals of Entomological Society of America*. Vol. 69 No. 4. 643-652. Biological control of weeds.
- _____. (1978). *Evaluation of candidate arthropods for biological control of waterhyacinth*. Studies in Argentina. USDA-ARS. Temple, Texas, U. S. A.
- _____. (1982). "Natural enemies of *Neochetina bruchi* and *N. eichhorniae*, two weevils from waterhyacinth in Argentina". *Annals of Entomological Society of America*. 75: 115-118. Biological control of weeds laboratory. Agricultural R
- _____. (1983). "Control of waterhyacinth by *Neochetina bruchi* (Coleoptera: Curculionidae, Bagoiini). in Argentina". *Environmental Entomology*. Vol. 12, No. 1. Biological control of weeds laboratory. Agricultural Research Service, U.
- Díaz, G. (1988). "Infestación y problemática del lirio acuático". En: México, SARH. IMTA. Seminario taller, control y aprovechamiento del lirio acuático (18-20 enero).
- _____. G. (1987). *Informe final del proyecto: control de malezas acuáticas*. México. SARH. IMTA Subcoordinación de calidad del agua 80pp.
- Díaz, G. y Olvera, V. (1984) *Control biológico de la maleza acuática (*Hydrilla verticellata* Roy.), por el pez amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) en la presa Rodrigo Gómez, Nuevo León. (1978-1982)*. SARH. Subsecretaría de Planeación.
- _____. (1990). *Control mecánico de lirio acuático en México. Opinión técnica*. México, D. F. 5 pp.
- Díaz, G.; Olvera, V. Gutierrez, E. (1988). "Rehabilitación limnológica de la presa Requena, Hgo". En: *Memorias de VI Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, A. C. Querétaro, Qro.
- Domínguez, A. (1988). "Extracción mecánica del lirio acuático de la presa Valle de Bravo con máquinas recolectoras". En: México, SARH. IMTA. *Seminario taller, control y aprovechamiento del lirio acuático*. (18-20 enero). Egypt. Ministry of PWWR. Water Research Center. (1989) Bulletin'89. *Egypt*. pp. 30-32.
- Escobar, E. (s.f.) *Manual para el control químico de las malezas acuáticas*. México. SARH. Dirección General de Protección y ordenación ecológica. 88 pp.
- Esquinca, F. (1988). "Los manatíes en los canales de Xochimilco, D.F." En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero
- FAO (1987). *Manejo de malezas. Manual del instructor*. Colección FAO: Capacitación No. 12. Roma, Italia. 161 pp.
- _____. *Organización, operación y mantenimiento de los sistemas de riego*. Riego y Drenaje núm.90.
- Félix, A. (1988). "Programas de control de malezas aplicados al lirio acuático". En: México. SARH. IMTA. *Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero
- FIDEFA (1975) "Centros piscícolas. Tezontepec halagüeño futuro del mezquite". En: *Piscis, revista de piscicultura* Año 1. Núm. 1 septiembre-octubre.
- Fox, A. M. et al. (1991). *Characterization of water exchange in hydrilla-infested tidal canal of the crystal River, Florida*.
- Gangstad, E. O. and Ronald A. S. (1987). *Environmental management of water projects*. Boca Raton (US), CRC. 158 pp.
- Gómez, E. (2000). *Evaluación de maleza acuática con relación a parámetros químicos de agua y sedimento a parámetros en el DR 086 Soto la Marina, mediante SIG y Bioestadística*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Academia Multidisciplinaria Agrónoma y Ciencias. Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Ciencias Ambientales. Cd. Victoria, Tamaulipas.
- Gopal, B. 1987. *Waterhyacinth*. Elsevier. Amsterdam.
- Goyer, R. A.; Stark, D. (1984). "The impact of *Neochetina eichhorniae* on waterhyacinth in southern Louisiana". *J. Aquat. Plant Manag.* 294 (5836): 78-80. U. S. A.
- Gutiérrez, E. (1988). "Técnicas de evaluación: crecimiento, cobertura, densidad, otros". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- _____. (1991). *Diagnóstico del control del lirio acuático en México. Acciones futuras*. Instituto Mexicano del Tecnología del Agua. México, D. F. 25 pp.
- Irving, N.S. (1981). *ODA/Sudan government waterhyacinth biological control programme*. January 1979-March 1981. Final Report.
- Jayanth, K.P. (1987) "Comparative studies on the Fecundity and Longevity of *Neochetina eichhorniae* and *N. Bruchi*, Potential Biocontrol Agents of Water Hyacinth". *J. Biol Control* 1 (2). 129-132, 1987. Contribution of the Indian Institute of Horticultural Res.
- Jayanth, K. P. "Suppression of waterhyacinth by the exotic insect *Neochetina eichhorniae* in Bangalore, India". *Curr. Sci.* 56:494-495. Bangalore, India.
- Khatib, A. F. & Gharably, E. (1990). *Design and maintenance of open channels*. 3a. edition. Ministry of public works and water resources. El Cairo, Egypt.
- Klingman, G. C. y Ashton, F. M. (1980). *Estudio de las plantas nocivas. Principios y prácticas*. Ed. Limusa, México. 449. pp.
- Kucera, Clair. L. (1976). *El reto de la ecología*. Ed. CECSA.

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)

- Labrada, R.; J.C Caseley & Parker, C. (1994). *Weed management for developing countries*. FAO. Plant production and protection. Paper 120. Rome. Italy.
- Langeland K.A. (1990). *Hydrilla a continuing problem in Florida waters*. Institute of Food And Agricultrural Sciences (Circular 884). Florida, USA. 21 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.
- Limón, Gualberto (1988). "Principios básicos de limnología/eutrofización". En: México, SARH. IMTA. *Seminario taller, control y aprovechamiento del lirio acuático*. (18-20 enero).
- Little, E. C. S. (ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (1968). *Handbook of utilization of aquatic plants*. Rome (IT), Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. 123 pp.
- Lomelí, J. R. et al. (1992) *Tecnología para la Conservación de los Distritos de Riego*. Informe final de Proyecto OM-9201 y 7 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Lomelí, V. J. R.; Camarena, O.; Espinoza, R. y Vega R. (1993) *Evaluación de equipo ligero de conservación y control integral de Hydrilla*. Informe final de Proyecto RD-9310 y 9 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- Lort, Rexford D. (1982). *Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales: una recopilación*. México (MX), OPS, 1982. Serv. bibliográfica (1) 96 pp.
- Martínez, P. (1988). *Uso de las cosechadoras mecánicas: aquamarine para el control de las malezas acuáticas*. En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Medina, M. (1988). "Detección del lirio y cuantificación de calidad del agua mediante percepción remota". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- México, SRH. Plan Nacional Hidráulico. (1975). *Informe del Plan Nacional Hidráulico sobre los problemas de maleza acuáticas en la presas de la Angostura y Malpaso*. México (MX), SRH, 1975.30 pp.
- México. SARH Comisión Nacional del Agua. (1998). *Información básica del Distrito de Riego No. 018 Colonias Yaquis, Son.* Gerencia Regional Noroeste, Ciudad Obregón, Son. 15 pp.
- México. SARH. Dirección general de Sanidad Vegetal. CICOPLAFES (1994). *Plaguicidas autorizados*.
- México. SARH. CNA. Distrito de Riego 014 (1992) *Programa del combate de hydrilla en el Valle de Mexicali*.
- México. SARH. Comisión Nacional del Agua (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.
- México. SARH. Comisión Nacional del Agua (1991). *Información básica del Distrito de Riego No. 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo*. Gerencia Estatal en Sinaloa. Culiacán, Sin. 90 pp.
- México. SARH. Comisión Nacional del Agua (1992). *Informe Técnico. Descripción física del Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Culiacán, Sin.*
- México. SARH. Comisión Nacional del Agua (1990). *Control de eutrofización y malezas acuáticas*. México (MX). SARH. 169 pp.
- México. SARH. Comisión Nacional del Agua (1977). *Aspectos ecológicos del combate de las plantas acuáticas*. Memorandum Técnico No. 361. México (MX). SARH. 39 pp.
- 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*.
- México. SARH. IMTA. Subcoordinación de Calidad de Agua (1989). *Control y aprovechamiento de lirio acuático en México*. México (MX), SARH. 150 pp.
- México. SARH. IMTA (1988). *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- 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 eutrofización y malezas acuáticas*. México (MX), SARH, 1988. 86 pp.
- México. Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976). *Atlas del agua de la República Mexicana*. SRH. México, D. F. 253 pp.
- México. SEMARNAT. IMTA (1994). *Prontuario del agua. Datos básicos de la hidráulica en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor. México. 13 pp.
- México. SRH. Dirección General de Distritos de Riego. Dirección de Estadística y Estudios Económicos (1975). *Conservación de los Recursos Naturales*. Memorandum Técnico No. 339. México (MX). SRH. 25 pp.

Bibliografía

- México. SRH. Dirección General de Distritos de Riego. Dirección de Estadística y Estudios Económicos (1955). *Conservación de la capacidad de conducción de los canales de riego*. Memorandum Técnico No. 107. México (MX). SRH. 8 pp.
- México. SRH. Dirección General de Distritos de Riego. Dirección de Estadística y Estudios Económicos (s.f.) *Sistema de Riego conservación*. Memorandum Técnico No. 355. México (MX). SRH. 8pp.
- Mireles Reyes, Marte (1991). *Estudio de malezas acuáticas en la red de canales y drenes del distrito de riego No. 025 Bajo Rio Bravo, Tam. México*. SARH. CNA. DR 025. Oficina de Riego y Drenaje. Tam. México. 21 pp.
- Mitchel, D.C. & Thomas, P.A. (1972). *Ecology of water weeds in the neotropics: An ecological survey of the aquatic weeds *Eichhornia crassipes* and *Salvinia* species, and their natural enemies in the neotropics*. París (FR), UNESCO. Technical papers in hyd.
- Monroy, O. (1988). "Producción de biogás a partir del lirio". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Monsalvo, J. (1988). "Cosecha del lirio acuático". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Monsalvo, J. (1988). "El lirio acuático como alimento para ganado". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Mora, A. (1997) *Bases para el control y aprovechamiento de las malezas acuáticas en canales de riego de Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Academia Multidisciplinaria Agrónoma y Ciencias. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Cd. Victoria, Tamaulipas.
- Morazán, F. (1988) "Presas colorines, Méx." En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- National Academy of Sciences. *Control de plantas nocivas y cómo combatirlas*. Vol. 2. National Academy of Sciences. México, D. F. Limusa.
- Niño, M. (1988). "Producción de aglomerados y papel". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Novelo, A. y Martínez, M. (1989). "*Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) problemática de maleza acuática de reciente introducción en México". *Anales Inst. Biol. UNAM*, 58 (1987), Ser. Bot. (número único) 97-102.
- Ocampo, H. (1996). *Proceso de infestación y estado actual de la maleza *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) en Tamaulipas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Iztacala. Tesis para obtener el título de Biólogo. D.F, México.
- Odum, E. P. (1972). *Ecología*. 3ª edición. Ed. Interamericana. S.A. de C.V.
- Olvera, V. y Sánchez, J. (1990) "Dinámica poblacional de *Hydrilla verticillata*, Royle y simulación de su control por el pez amur utilizando un modelo presa depredador". En: VIII Congreso Nacional *La Ingeniería ambiental y la Salud*. Sociedad M.
- Olvera, V. (1988). "Biología y ecología del lirio acuático". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Ortíz, J. L. (1988). "El pez de amur (*Ctenopharyngodon idella* val.) como agente biológico de control del lirio acuático". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Rendón, L y Camarena, O (1994). Avances en el control de la *Hydrilla* en el distrito de riego 025. En: *Ingeniería Hidráulica*. México. Vol. IX Núm. 1, II Época. Enero-abril de 1994. Pp. 71-72.
- Rico, M. (1988) "Estudio del uso del lirio acuático para la purificación del agua residual". En México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Romero, F. (1988). "Modelos matemáticos de crecimiento del lirio y política de control". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. 18 Mor, México 18-20 enero.
- Romero, H. y Ortíz, J. L. (1988). "Escarabajo moteado (*Neochetina eichhorniae warner*) como agente de control biológico del lirio acuático". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Rosas, Mateo (1976). *Peces dulce-acuícolas que se explotan en México, y datos sobre su cultivo*. Instituto Nacional de Pesca. CEESTEM No. 2. México. D. F. 135 pp.
- Salvat M. 1973. *La ecología*. Salvat editores, S.A.
- Sánchez, C. (1974). *El lirio acuático *Eichhornia crassipes*: aspectos principales, problemas y recomendaciones*. México (MX), SARH. 35 pp.
- Sandoval, J. (1988). "Mejorador de suelos y abonos campo experimental El Encino." En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Soto, E. (1988). "Experiencia de la "picadora" para el control del lirio en la presa Requena, Hidalgo". En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país. (Experiencias desde 1990)

- Stocker, R. K. y Hagstrom, N. T. (1985). "The Grass carp issue". In: *Proceeding of the fifth Annual Conference and International Symposium on Applied Lake and Watershed Management*. November 13-16, 1985. Lake Geneva. Wisconsin.
- Thiery, R. G. (1991) "Grass carp in the Coachella canal". 1980-1990. In: *Warmwater Fisheries Symposium I*, Scottsdale. USA (4-8 junio). 10 p.
- US. Army Corps of Engineers (1980) *Proceeding 24th Annual Meeting, Aquatic Plant Control Research Program Huntsville Alabama Environmental Laboratory US Army Engineers Waterways Experiment Station Mississippi. USA*, p. 303.
- 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. USA*. pp 256.
- US. Commission on International Relations. (1976). *Making aquatic weeds useful: some perspectives for developing countries*. Washington, D.C. (USA). National Academy of Sciences, 175 pp.
- US. Department of the Interior Fish and Wildlife Service. (1987). *Triploid grass carp for aquatic plant control*. Washington, D. C. USA. 5 p.
- Westerdahl, H. E. & 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, Mississippi. USA.
- 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.

El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (Experiencias desde 1990).



IMTA[®]
*Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua*