

Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego volumen I

Ovidio Camarena Medrano

José Ángel Aguilar Zepeda

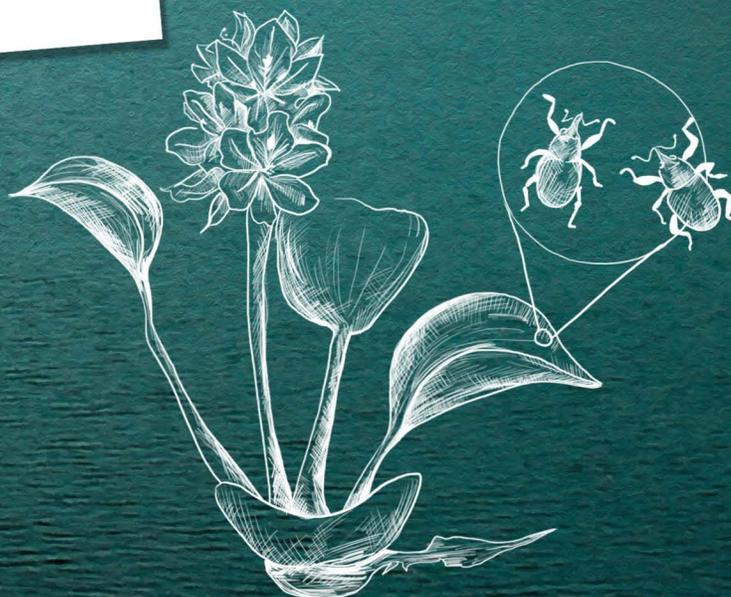


Fig. 1 *Neochetina*

Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego

volumen I:

Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa

Distrito de Riego 074 Mocorito, Sinaloa

Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis, Sonora

Coordinación de Riego y Drenaje

M. C. Ovidio Camarena Medrano

M. C. José Ángel Aguilar Zepeda

Diciembre de 2013.

632.5072 Camarena Medrano, Ovidio

C12 *Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego. volumen 1* / Ovidio Camarena Medrano y José Ángel Aguilar Zepeda. -- Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2013.

119 p. :il.

ISBN: 978-607-7563-90-7 (Obra completa)

ISBN: 978-607-7563-91-4 (Volumen 1)

I. Lirio acuático 2. Control biológico 3. Neoquetinos 4. Distritos de riego

I. Camarena Medrano, Ovidio II. Aguilar Zepeda, José Ángel

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: 2013

DR © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532,

62550 Progreso, Jiutepec, Morelos

México

www.imta.gob.mx

ISBN: 978-607-7563-90-7 (obra completa)

ISBN: 978-607-7563-91-4 (volumen 1)

PARTICIPANTES EN EL PROGRAMA DE CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO

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 Álvarez.
DR 010 Culiacán-Humaya	Ing. Juan García Molina, Ing. Alfredo Araujo Beltrán, Ing. José Trinidad Contreras Morales e Ing. Marco Antonio Gaxiola Rivera.
DR 074 Mocerito	Ing. Juan García Molina, Ing. Alfredo Araujo Beltrán
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 JaraValenzuela, Téc. Ángel Minjares Agüero y Trinidad Minjares Agüero.
DR 041 Río Yaqui, Sonora	Ing. Porfirio Solano.
DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán	Ing. José Luis Duarte Aranda, Ing. Ing. José Alfredo Cervantes Gómez e Ing. Arceo Villanueva.
DR 061 Zamora, Michoacán	Ing. Francisco Maldonado Pulido e Ing. Manuel Rojas Pimentel.
DR 030 Valsequillo, Puebla (Gerencia Estatal de Puebla)	Ing. Jaime Joel Gutiérrez Arroyo, Ing. Enrique Baños Gamboa y Quím. R. Guadalupe Cervantes Casillas.
SOCIEDADES Y MÓDULOS DE RIEGO	
DR 010 Culiacán-Humaya	Diferentes autoridades y técnicos de los 18 módulos. En particular, del Módulo II-2, Ing. Severo Gutiérrez Beltrán e Ing. Andrés Varela Sandoval.
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.
COORDINACIÓN Y APOYO INTERNACIONAL	
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.
Weed Control & Channel Maintenance, Egypt	Dr. Ahmed Fakhry Kattab.

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	13
I INTRODUCCION	15
2 ANTECEDENTES	19
3 OBJETIVOS	20
4 METODOLOGÍA Y RESULTADOS	21
4.1 Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito, Sinaloa	22
4.1.1 Caracterización	22
4.1.2 Acciones iniciales	25
4.1.3 Experimentos de laboratorio	26
4.1.4 Parcelas experimentales y demostrativas en campo	31
4.1.5 Interacción con productores y directivos de los distritos riego	40
4.1.6 Liberaciones abiertas de los neoquetinos	42
4.1.7 Éxito del control biológico del lirio en el DR 010 y DR 74	73
4.1.8 Problemas de reinfestaciones después del año 2000	77
4.1.9 Impactos del control biológico	79
4.1.10 Difusión de resultados	84
4.2 Distrito de Riego 018, Colonias Yaquis, Sonora	85
4.2.1 Caracterización	85
4.2.2 Formación de un equipo de trabajo y recorrido de diagnóstico	87
4.2.3 Colecta, movilización y liberación de neoquetinos	88
4.2.4 Parcelas demostrativas en campo	89
4.2.5 Liberación abierta de neoquetinos	93
4.2.6 Éxito del control biológico del lirio en el DR 018	100
4.2.7 Impacto del control biológico	102
4.2.8 Difusión de resultados en el DR 018	104
4.2.9 Influencia en el DR 041, Río Yaqui, Sonora	105

5 CONCLUSIONES	107
6 RECOMENDACIONES	111
7 BIBLIOGRAFÍA	113

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Reunión de trabajo. DR010.	21
Fotografía 2. Problemática de lirio acuático en el DR 010 y DR 074 en 1993.	25
Fotografía 3. Neochetina eichhorniae y N. bruchi.	27
Fotografía 4. Lirio con y sin neoquetinos.	28
Fotografía 5. Inicio del experimento.	29
Fotografía 6. Al final del experimento (225 días).	29
Fotografía 7. Parcela experimental en el dique Batamote.	32
Fotografía 8. Empaque para el traslado de insectos.	32
Fotografía 9. Evaluaciones periódicas de lirio e insectos en el dique Batamote.	33
Fotografía 10. Los tres estadios de los nequetinos evaluados.	34
Fotografía 11. Condiciones iniciales de la parcela demostrativa.	34
Fotografía 12. Marcas de las mordeduras del adulto.	35
Fotografía 13. El adulto oviposita en el peciolo de la hoja (nueve días).	35
Fotografía 14. La larva ocasiona galerías en el tallo de lirio durante 31 días.	35
Fotografía 15. Estadio de pupa viviendo en la raíz, debajo del agua.	36
Fotografía 16. Parcela testigo y experimental a los 320 días.	40
Fotografía 17. Comunicación permanente con productores.	41
Fotografía 18. Firma del convenio de colaboración con productores.	41
Fotografía 19. Presa Adolfo López Mateos.	42
Fotografía 20. Presa Sanalona.	42
Fotografía 21. Dique Batamote.	42
Fotografía 22. Dique Hilda.	42
Fotografía 23. Red de confinamiento a la salida del dique.	43
Fotografía 24. Liberaciones abiertas.	43
Fotografía 25. Dique Batamote, hasta 1993.	47
Fotografía 26. Antes de la liberación.	50
Fotografía 27. Resultado del control (1997).	50
Fotografía 28. Infestación del dique Hilda.	52
Fotografía 29. El Dique Hilda libre de lirio.	53
Fotografía 30. Panorama del dique Mariquita antes del programa (1993).	57
Fotografía 31. Antes (1993) y después (1997) del control biológico. Dique Mariquita.	58
Fotografía 32. Lirio triturado.	63
Fotografía 33. Anuncio del programa de trituración.	63
Fotografía 34. Proceso de trituración	63
Fotografía 35. Lirio triturado	64
Fotografía 36. Peces muertos.	64
Fotografía 37. Problema del lirio antes del programa. Presa Adolfo López Matos.	64
Fotografía 38. Control biológico del lirio. Presa Adolfo López Mateos (1998).	65
Fotografía 39. Problemática de lirio hasta 1996. Presa Sanalona.	69
Fotografía 40. Control biológico del lirio. Presa Sanalona, 1998.	71

Fotografía 41. Dique Batamote.	76
Fotografía 42. Dique Mariquita.	76
Fotografía 43. Presa Adolfo López Mateos (Varejonal).	76
Fotografía 44. Presa Sanalona.	77
Fotografía 45. Trituración de lirio dique Mariquita.	77
Fotografía 46. Restos de lirio acuático).	77
Fotografía 47. Rebrote de lirio acuático	78
Fotografía 48. Infestación de Pistia stratiotes(lechuga de agua)	78
Fotografía 49. Panorama en 1996.	79
Fotografía 50. Libre de lirio. 2000.	79
Fotografía 51. Reinfestación. 2005.	79
Fotografía 52. Secuencia del proceso de control biológico.	79
Fotografía 53. Evaluación de la evapotranspiración.	81
Fotografía 54. El Lirio afecta la red de conducción	82
Fotografía 55. Aforo con molinete	83
Fotografía 56. Afectación de la pesca. Presa Adolfo López Mateos y Sanalona.	83
Fotografía 57. Embalses sin lirio favorecen la pesca. Diques Batamote y Mariquita.	83
Fotografía 58. Práctica de esquí acuático en el dique Batamote.	84
Fotografía 59. Difusión de la experiencia.	84
Fotografía 60. Infestación severa de lirio, DR 018 (1998).	87
Fotografía 61. Recorrido inicial por el canal principal.	87
Fotografía 62. Infestación severa de lirio en los diques del Canal Principal	88
Fotografía 63. Colecta de insectos en el dique Mariquita (1998)	88
Fotografía 64. Empaque y traslado de neoquetinos en 1998.	89
Fotografía 65. Instalación de parcelas demostrativas en 1998.	89
Fotografía 66. Identificación y marcaje de los neoquetinos.	90
Fotografía 67. Parcelas experimental en el Dique 8.	90
Fotografía 68. Lirio sano al inicio de la parcela.	91
Fotografía 69. Muestreos iniciales.	92
Fotografía 70. Muestreos de lirios e insectos.	93
Fotografía 71. Extracción de insectos de sus recipientes.	94
Fotografía 72. Liberación de insectos en diques y derivadoras.	95
Fotografía 73. Infestación antes del programa. Dique 8 (1998).	95
Fotografía 74. Proceso de control biológico del lirio. Dique 8.	99
Fotografía 75. Deterioro del lirio por neoquetinos. Presa derivadora Hornos.	100
Fotografía 76. Reuniones con técnicos y productores del distrito.	104
Fotografía 77. Infestación de la presa Chículi en 2005.	105

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Lirio acuático en el mundo.	16
Cuadro 2. Extracción de maleza en distritos de riego. Conservación diferida (1991).	19
Cuadro 3. Distritos participantes en el programa.	22
Cuadro 4. Número de usuarios y superficie por módulos.	22
Cuadro 5. Climas en el DR 010.	23
Cuadro 6. Municipios del DR 074, Mocerito.	24
Cuadro 7. Prueba demostrativa de la especificidad del insecto.	31
Cuadro 8. Resultados de la parcela experimental.	37
Cuadro 9. Desarrollo del insecto en la parcela experimental.	37
Cuadro 10. Comportamiento del lirio en la parcela experimental.	39
Cuadro 11. Peso de plantas a los 320 días..	39
Cuadro 12. Diferenciación entre la biomasa viva y muerta.	39
Cuadro 13. Liberaciones abiertas de neoquetinos	44
Cuadro 14. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Batamote.	48
Cuadro 15. Proceso de control biológico de lirio acuático en el dique Batamote	49
Cuadro 16. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Hilda.	54
Cuadro 17. Proceso de control biológico de lirio acuático. Dique Hilda.	55
Cuadro 18. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Mariquita.	59
Cuadro 19. Proceso de control biológico de lirio acuático. Dique Mariquita.	62
Cuadro 20. Registros del lirio acuático e insectos. Presa Adolfo López Mateos	67
Cuadro 21. Proceso de control biológico de lirio acuático. P.Adolfo López Mateos.	68
Cuadro 22. Registros del lirio acuático e insectos. Presa Sanalona.	72
Cuadro 23. Reducción histórica de lirio por los neoquetinos.	74
Cuadro 24. Inversión ejercida por el programa (1993-2003).	80
Cuadro 25 Localización, superficie y longitud de los diques del DR018.	85
Cuadro 26. Pueblos Yaquis del DR 018, superficies y número de usuarios.	86
Cuadro 27. Infestación de lirio en los diques del DR 018 (1998).	87
Cuadro 28. Diseño de la parcela demostrativa en el Dique 8	90
Cuadro 29. Resumen de resultados relevantes de la parcela experimental.	91
Cuadro 30. Liberación abierta de neoquetinos en el DR 018.	95
Cuadro 31. Registro del lirio acuático e insectos. Dique 8	96
Cuadro 32. Proceso de control biológico de lirio. Dique 8.	97
Cuadro 33. Reducción de lirio por los neoquetinos (%). Diques del DR 018.	100
Cuadro 34. Reducción de lirio por los neoquetinos (ha). Diques del DR 018.	101

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Control de lirio en laboratorio durante 152 días..	28
Gráfica 2. Evaluación de insectos por sus mordeduras al lirio.	29
Gráfica 3. Prueba de especificidad del neoquetino.	30
Gráfica 4. Desarrollo de los insectos en la parcela experimental del dique Batamote.	37
Gráfica 5. Desarrollo de insectos adultos. Parcela experimental del dique Batamote.	38
Gráfica 6. Biomasa viva residual del lirio a los 320 días.	38
Gráfica 7. Reducción del lirio por los neoquetinos. Dique Batamote.	51
Gráfica 8. Evolución del crecimiento de los neoquetinos. Dique Batamote.	51
Gráfica 9. Reducción del lirio por los neoquetinos. Dique Hilda.	56
Gráfica 10. Evolución del crecimiento de los neoquetinos. Dique Mariquita.	57
Gráfica 11. Crecimiento de los neoquetinos. Presa Adolfo López Mateos.	66
Gráfica 12. Crecimiento de los neoquetinos en la Presa Sanalona.	70
Gráfica 13. Abatimiento del lirio. Grandes cuerpos de agua del sistema.	75
Gráfica 14. Abatimiento del lirio. Pequeños cuerpos de agua del sistema.	75
Gráfica 15. Comportamiento de la población de lirio en las diferentes parcelas.	92
Gráfica 16. Densidad de neoquetinos adultos en las parcelas experimentales.	93
Gráfica 17. Crecimiento de los neoquetinos en el Dique 8.	97
Gráfica 18. Decremento de la altura del lirio por ataque de neoquetinos. Dique 8.	98
Gráfica 19. Reducción de lirio acuático en los diques del DR 018.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación geográfica del DR 010 Culiacán Humaya y 074 Mocorito.	23
Figura 2. Ovipostura de neoquetinos sanos y enfermos.	29
Figura 3. Parámetros evaluados para el estudio del lirio.	33
Figura 4. Ciclo de vida de <i>N. bruchi</i> a 25°C, en condiciones de laboratorio.	36
Figura 5. Presas y algunos diques de los Sistemas Culiacán-Humaya.	43
Figura 6. Localización del DR 018, Colonias Yaquis, Sonora.	85
Figura 7. Distribución de los diques en el plano del DR 018..	86



En 2012 se editó el libro digital *El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (experiencias desde 1990)*, en el que se revisa en forma general el proyecto de control de maleza acuática en distritos de riego en México. Ahora, se detalla la experiencia particular del control biológico de lirio acuático llevado a cabo con los neoquetinos como agentes de control en seis distritos de riego del país.

Esta información producto de más de una década de trabajo se constituye como una de las experiencias pionera en los distritos de riego del país y en consecuencia en un referente que debe ser objeto de análisis en el ámbito de la conservación y operación de la infraestructura hidroagrícola.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que los insectos reducen las infestaciones de lirio a partir del segundo año de su liberación, y que desde el tercer año se establece un equilibrio insecto –planta que mantiene bajo control a la escasa población de lirio restante. De esa manera, es posible evitar la reinfestación, lo cual ha ocurrido por 16 años consecutivos en la mayoría de los cuerpos de agua de los distritos de riego 010 y 074.

Este proceso de control está sujeto a las condiciones naturales locales, pero fundamentalmente a la continuidad de un programa de control biológico. Una vez reducida la población de lirio en las presas y diques debe evitarse su eliminación total para mantener a la de los agentes de control. Cuando se tienen reducciones excesivas de los niveles del agua o se realizan controles mecánicos complementarios, se corre el riesgo de perder la población mínima de lirio y, por lo tanto, de la población de insectos. En esas condiciones, si no hay nuevas liberaciones de insectos conforme un programa de control, las reinfestaciones de lirio se harán presentes, como ha sucedido en algunos cuerpos de agua del propio DR 010, la presa Jaripo en el DR 024 y la presa Urepetiro en el DR 061 desde 2001.

Con base en la experiencia en campo, se concluye que, en tanto no haya un control biológico del lirio acuático, los distritos están condenados a combatirlo indefinidamente en forma periódica, con los consecuentes costos económicos, ambientales y sociales. A la luz de estos resultados, se demuestra que actualmente la mejor manera de reducir y mantener bajo control el lirio acuático es con el empleo de estos insectos como agentes de control.

Para eliminar el problema del lirio en los distritos de riego del país no basta que exista la metodología, se requiere hacer conciencia en las autoridades, técnicos y productores de la eficiencia y eficacia de este método de control y de los grandes beneficios económicos, productivos, ecológicos y sociales que implica su uso. Por otro lado, es altamente recomendable que el control biológico se contemple como parte del programa anual de conservación en los distritos y módulos de riego.

Con la certeza de que los resultados alcanzados constituyen una aportación para solucionar el problema del lirio acuático en distritos de riego del país, se presentan dos volúmenes sobre el tema. En 2013, se publica este primer volumen: *Control Biológico del lirio acuático en México. Primera experiencia exitosa con neoquetinos en Distritos de Riego que muestra los resultados obtenidos en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa; en el Distrito de Riego 074, Mocorito, Sinaloa, y el Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis, Sonora.*

En el 2014 se editará el Volumen II, que presentará los casos del Distrito de Riego 024 Ciénega de Chapala, Michoacán; del Distrito de Riego 061 Zamora, Michoacán y del Distrito de Riego 030 Valsequillo, Puebla.

Dr. Nahún Hamed González Villanueva
Coordinador de Riego y Drenaje



INTRODUCCIÓN



En todo el mundo, la maleza acuática es un freno importante en el pleno aprovechamiento del agua. Invade los hábitats acuáticos que el hombre utiliza para riego, transporte, recreación, agua potable y otros fines; obstruye canales y drenes, limita los deportes de pesca, vela y remo en aguas para recreo. Obstaculiza la distribución del agua para riego, causa filtraciones y evaporación, y contribuye al deterioro de canales y a la acumulación de sedimentos. Además, proporciona lugares idóneos para la reproducción de insectos y otras plagas dañinas que afectan la salud pública (National Academy of Sciences, 1980; de Loach, J. C., 1982).

Enfatizando el aspecto agrícola, la maleza que infesta los canales y drenes obstaculiza el flujo y la distribución del agua para riego, favorece la acumulación de sedimentos y, en el caso de los drenes, impide el flujo libre del agua drenada y provoca el ensalitramiento de los suelos. La maleza también es hospedera de plagas y enfermedades de cultivos agrícolas. A veces, algunas especies pueden aportar cierto beneficio y convertirse en plantas útiles; por ejemplo, al ayudar a controlar la erosión por viento y agua, y servir como forraje para el ganado (Vega, 1996).

Entre las especies más importantes que se comportan como maleza en la infraestructura de riego en México, destacan las siguientes: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), tule (*Typha domingensis*), cola de caballo (*Potamogeton pectinatus*), hydrila (*Hydrilla verticillata*), cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*), salvinia (*Salvinia molesta*), zurrapa (*Najas guadalupensis*), lirio chino (*Hymenocallis sonorensis*), tuetillo o carricillo (*Hymenachne amplexicaulis*), verdolaga de agua (*Ludwigia peploides*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y zacate param (*Urochloa mutica*).

De todas, el lirio acuático (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms), es la maleza acuática que más problemas causa

en el mundo. Esta planta es una macrofita libre flotadora que se desarrolla en aguas tranquilas. Fue exportada a los Estados Unidos de América (EUA) desde Sudamérica en 1884, durante una exposición sobre algodón. Los expositores proporcionaron especies vivas a los visitantes como una forma de cortesía. El gran potencial reproductivo de esta especie provocó que invadiera los sistemas acuáticos y se extendiera rápidamente. En 1988 infestó Texas, Louisiana, Mississippi y Alabama. Llegó a Florida en 1890, a Georgia en 1902 y a California en 1904 (Center C.T.; Cofrancesco, F.A.; Balciunas, K.J., 1989).

El lirio acuático es originario de la cuenca del Amazonas en Sudamérica. Según los autores Penfound y Earle (1948); Sculthorpe (1967) y Holm (1977), su origen específico son los ríos Negro y Paraná. En el Cuadro I se presentan los registros de la presencia de lirio acuático en el mundo.

Cuadro I. Lirio acuático en el mundo.

País	Registro
Brasil	1843-1852
Egipto	1879-1892
Puerto Rico	1884
Australia	1895
Argentina	1901
India	1902
Sudáfrica (Rhodesia)	1937
Congo	1950
Sudán, Uganda, Etiopía y Malawi	1950-1956
Senegal	1965

Fuente: Tackholm y Drard (1950), mencionados por Batunduni y El-Fiky; Holm *et al.*, 1970.

El lirio acuático fue introducido a México a principios de siglo XX por algunas familias de la ciudad de México, Jalisco y Michoacán, quienes trajeron la planta de EUA y del continente europeo con la finalidad de embellecer sus estanques particulares (Mariaca, 1993).

Se menciona también que la esposa del general Porfirio Díaz, Doña Carmen Romero Rubio, fue una de las introductoras de lirio acuático en 1897, ya que según West y Armillas (1950), citados por Ray y Ortiz (1967), existe una fotografía que la muestra depositando esta planta en los canales de Xochimilco con el fin de embellecerlos (Mariaca, 1993).

Los autores Calderón y Ángeles (1971) destacan detalles sobre la introducción de esta maleza en Michoacán. Se ofrecen dos versiones: una señala que fue el general Epitacio Huerta fue quien la trajo de Cuba a la hacienda de Chucándiro; otra versión puntualiza que fueron los nativos de la isla de Uradén quienes la trajeron del norte del país o del sur de los EUA y la depositaron en el lago de Pátzcuaro. Otros autores señalan que a México se introdujo a principios de siglo (Bravo *et al.*, 1991).

En términos generales, esta planta se reportó desde la época del porfirismo, aunque en ese entonces no se consideraba un problema, sino hasta 1962, cuando obstaculizó la navegación, provocó problemas de salud por el incremento de mosquitos y limitó el aprovechamiento del agua de los embalses (Díaz, 1990).

Desde el momento en que el lirio se convirtió en un problema se ha combatido mediante diferentes métodos de control. Así, se han aplicado, principalmente el manual, el mecánico (dragas, excavadoras hidráulicas, tractores de oruga y equipo ligero, entre otros) y el químico (se han empleado numerosos productos y, en el caso de canales y drenes, el diquat, glifosato y glufosinato de amonio son los aprobados por el CICOPLAFEST, cuando el agua no es empleada para consumo humano).

Han pasado muchas décadas y el problema de infestación recurrente del lirio no se ha solucionado satisfactoriamente. Su combate se ha vuelto un problema recurrente porque solamente se controla la maleza durante un periodo de tiempo y se vuelve a reinfestar, ocasionando graves dificultades en la disponibilidad del agua, así como altos costos de conservación.

La reproducción del lirio por semilla y vegetativamente la hacen una maleza sumamente prolífica y agresiva. Muchos investigadores han medido la velocidad de regeneración y productividad biológica del lirio acuático (productividad primaria neta), tanto para buscar formas de control como para aprovecharlo. Knippling(1970) obtuvo un 100% de incremento en su población en tan sólo 17 días; Bataondy y el Tiki(1975), mencionados por Grand *et al.*(1978), encontraron que a partir de 40 g de peso seco de plantas, producían 1,244 g en cincuenta días; Holm (1970) obtuvieron 1,200 plantas a partir de dos ejemplares en cuatro meses; Boind, mencionado por Spencer (1977), obtuvo una producción de 11,800 kg de materia seca en tres meses (Mariaca, 1993). En Louisiana, EUA, diez plantas aisladas produjeron 1,610 en tres meses (Penfound y Earle, 1948); en Sudán, Michell (1974), mencionado por Pieterse (1978), obtuvo 130 plantas a partir de dos, en el mismo periodo (Mariaca, 1993).

La entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) obtuvo quinientos retoños por planta en sesenta días, mientras que Wolverson y Mc Donald (1969), y Macías *et al.*(1977), mencionados por Pérez, coincidieron en que el número de plantas se duplicaba bajo condiciones favorables entre 8 y 14 días.

En 1842 Martius, mencionado por Pieterse (1978), calculó entre 7.4 y 22 g/m² la producción de materia orgánica por día de lirio acuático. Gerard *et al.* (1978) la estimaron en el orden de 405 a 1,450 kg/ha/día, con base en datos de 40.5 a 145 g/m²/día, respectivamente.

Estas características de reproducción y propagación hacen que el lirio acuático sea una de las principales plantas dañinas del mundo.

Hasta principios de 1990 no se habían tenido experiencias exitosas en el control biológico en México, a diferencia de otras partes del mundo, donde el control biológico parecía ser una buena alternativa a partir de la liberación y establecimiento de los insectos *Neochetina bruchi*,

N. eichhorniae y de *Niphograptus albiguttalis* en el dique Los Sauces, Argentina (DeLoach y Cordo, 1983); en Bangalore, India (Jayanth, 1988); en diez localidades de Tailandia (Nepompeth, 1983); en numerosos sitios de la costa oeste de Australia (Wright, 1983); en el río Nilo, a lo largo de más de 3,000 km en Sudán (Irving y Beshir, 1982); en los estados de Louisiana y Texas, EUA (Cofrancesco, 1984); en Honduras (Pity, 1991, comunicación personal), y en otros 15 países (Harley, 1990). También, se probó en campo la efectividad del hongo *Cercospora rodmanii*, como agente de control biológico de lirio acuático (Pérez, P., 1995).

En México, los primeros resultados de este control biológico no fueron muy halagüeños. En el Centro de Estudios Limnológicos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en Jalisco, realizaron pruebas con el escarabajo moteado y concluyeron erróneamente que "al parecer el escarabajo moteado por sí solo y en cuerpos de agua con una alta y permanente densidad de lirio no es un efectivo controlador de esta maleza." (Romero y Ortiz, 1988).

Ante esta situación, en México y en particular en diversos distritos de riego, se padece de infestaciones de lirio que requieren combatirse año con año con procedimientos, principalmente mecánicos, que progresivamente incrementan los costos de conservación y operación a causa del crecimiento explosivo del lirio acuático.

Esto ha motivado la búsqueda de alternativas no sólo para reducir la población de lirio acuático, sino para mantenerla bajo control en la infraestructura de los distritos de riego del país.

Como resultado de los trabajos del proyecto de control de maleza acuática en distritos de riego realizados por el IMTA, particularmente en la década de 1990, se llegó a la conclusión de que el uso de nequetinos como agentes de control biológico es actualmente la alternativa más económica, ecológica y benéfica para mantener bajo control al lirio acuático en los cuerpos de agua de los distritos de riego de México.



ANTECEDENTES



En 1991, la CNA/IMTA y el el IPTRID (International Program for Technology Research in Irrigation and Drainage) realizaron una evaluación de las necesidades de investigación y desarrollo tecnológico de los sistemas de irrigación y drenaje en México, basándose principalmente en cinco distritos del país. Formularon una propuesta: *Mexico Proposal for Technology Research in Irrigation and Drainage*, en la que se señala que el crecimiento de la maleza acuática es un problema crítico en México, en particular las condiciones de los distritos afectados por el río Culiacán y el río Lerma. La consignaron como una prioridad de investigación tecnológica para la irrigación y el drenaje. (IPTRID, 1991).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la extracción de plantas acuáticas de conservación normal en 1991, para canales y drenes de los distritos de riego fue de 4,996 ha, con un costo de \$10,148.97 millones de pesos, afectando severamente a diez de los distritos de riego del país.

Sin embargo, el problema se magnifica aún más cuando se considera la incidencia de planta acuática en canales y drenes que no se combate, y que la CONAGUA denomina "conservación diferida", la cual, en 1991, se reportaba en una extensión de 21,193 km, con un costo de extracción estimado en 16,415 millones de pesos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Extracción de maleza en distritos de riego.
Conservación diferida (1991).

Extracción de maleza	Red (km)	Superficie (ha)	Costo (Millones de \$)
Red de distribución	10,448	9,965	7,649
Red de drenaje	10,745	9,424	8,766
Total	21,193		16,415

Fuente: Gerencia de Distritos de Riego, CONAGUA.

En esas condiciones se comprende la imperiosa necesidad de trabajar en la investigación y aplicación de tecnología para el control y manejo de maleza acuática en los distritos de riego, máxime que el problema se ha acrecentado año con año. Esta situación dio paso a la participación

del IMTA en un programa general de control de maleza acuática en distritos de riego y, en forma particular, del control y manejo del lirio acuático a partir de 1992. Este documento es resultado de dicho programa y tiene los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Documentar las experiencias en el control biológico de lirio acuático en la infraestructura de riego en seis distritos de riego de México, con fines de divulgación y capacitación.

Dejar constancia de la eficacia y eficiencia de los neoquetinos como agentes de control biológico del lirio.

Demostrar la factibilidad de mantener sin problema de lirio, en forma permanente, cualquier cuerpo de agua del país mediante este control biológico.

Sensibilizar a las autoridades, técnicos y productores de las bondades del control biológico del lirio acuático en nuestro país, particularmente en los distritos de riego.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Desde 1992, al interior del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se inicia un proyecto para combatir y controlar la maleza acuática en distritos de riego (DR). El caso particular del lirio queda así dentro de este gran proyecto. A partir de entonces, se estudiaron las experiencias existentes en los distritos, así como en distintos cuerpos de agua de México y de otros países.

La propuesta generada para hacer frente al problema de la maleza, en particular en la infraestructura de riego y drenaje, permitió al IMTA abordar el problema buscando alternativas concretas y prácticas para su aplicación, pero además, se dio bajo un compromiso estrecho con las autoridades, técnicos y usuarios de los distritos de riego, considerando su valiosa experiencia, organización y disposición, de tal manera que los canales, drenes, presas y ríos se convirtieron en la zona demostrativa y experimental donde convergieron las experiencias y contribuciones de expertos, tanto nacionales como internacionales. La Fotografía I. Reunión de trabajo. DR010..



Fotografía I. Reunión de trabajo. DR010.

La Conagua, en su sede central y en las estatales, los distritos de riego participantes, los usuarios y sus organizaciones constituyeron la base para orientar y desarrollar el proyecto en cada distrito. De esa manera, se trabajó acorde con las necesidades y prioridades de los distritos y, al mismo tiempo se produjo un verdadero trabajo de equipo con la continuidad necesaria para cumplir con los objetivos del proyecto.

A lo anterior se agregó una interacción con instituciones científicas y académicas, tal como la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), y el Colegio de Postgraduados (CP), lo cual permitió multiplicar la presencia y disponibilidad de recursos humanos y materiales.

Así, se fue gestando el equipo de trabajo que generó tecnología aplicable en el control y manejo de maleza acuática del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), en particular:

Se interactuó con seis distritos, principalmente con el DR 010 Culiacán Humaya-San Lorenzo (hoy sólo Culiacán-Humaya), y 074 Mocorito en Sinaloa, operados estos dos en forma conjunta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distritos participantes en el programa.

DR 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo y 074 Mocorito, Sinaloa.
DR 018 Colonias Yaquis, Sonora.
DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán.
DR 061 Zamora, Michoacán.
DR 030 Valsequillo, Puebla.

Para cada distrito se presenta su caracterización, desarrollo metodológico, resultados e impactos obtenidos.

4.1 DISTritos DE RIEGO 010 CULIACÁN-HUMAYA Y 074 MOCORITO, SINALOA

4.1.1 Caracterización

El DR 010 Culiacán-Humaya se ubica aproximadamente desde los 24°20' hasta los 25°13' de lati-

tud norte, y desde 107°11' a los 107°53' de longitud oeste. Se ubica en la parte central del estado de Sinaloa y abarca los municipios de Angostura, Culiacán, Mocorito, Navolato y Salvador Alvarado. Cubre una superficie física de 212,141 ha, de las cuales 198,528 son tierras de riego de 18,007 usuarios. Son 101,705 ha ejidales de 12,808 productores y 96,822 ha de pequeña propiedad de 5,199 productores; es decir, el 48% es de propiedad ejidal y el 52% de pequeña propiedad.

El distrito se divide actualmente en 12 módulos, los cuales cuentan con las siguientes superficies y usuarios (Cuadro 4):

Cuadro 4. Número de usuarios y superficie por módulos.

Módulo No.	Usuarios No.	Superficie ha.
I-1	1,163.00	9,035.71
I-2	547.00	7,038.22
I-3	1,238.00	14,634.74
II-1	3,148.00	28,582.60
II-2	544.00	15,260.32
II-3	1,217.00	31,276.28
IV-1	1,628.00	15,863.02
IV-2	1,311.00	12,576.28
IV-3	755.00	9,475.14
IV-4	1,450.00	15,283.53
V-1	2,315.00	23,634.49
V-2	2,691.00	29,480.19
Superficie total		212,140.52

Su altitud promedio es de 40 msnm. Limita al norte y noreste con el Canal Principal Humaya (CPH), al noroeste con el río Mocorito y la cota 8 msnm, al sureste con el dren San Marcos, al suroeste con el Canal Principal Nuevo Colorado, y al este con el Canal Principal Nuevo San Lorenzo y el Canal Principal Oriental (CPO) (Figura 1).

Se abastece de agua de dos presas principales: Sanalona, que fue construida en el río Tamazula con una capacidad de 843 millones de m³, y la Adolfo López Mateos, localizada en el río Humaya, con una capacidad de 3,150 millones de metros cúbicos.

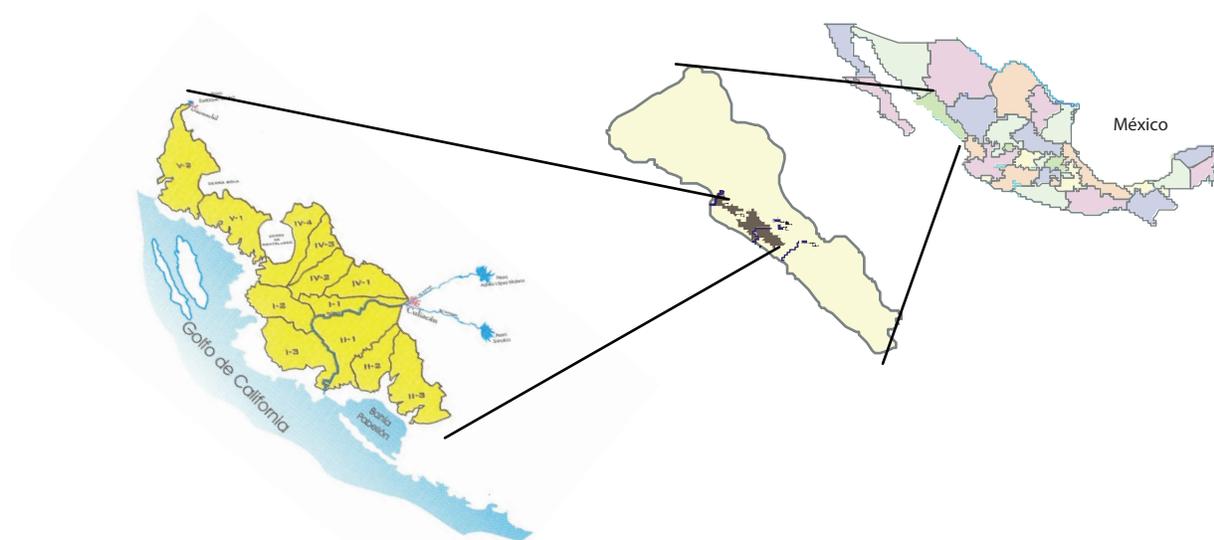


Figura 1. Ubicación geográfica del DR 010 Culiacán Humaya y 074 Mocorito.

Además de lo anterior, se cuenta con dos presas derivadoras: Andrew Weiss, localizada a 13 km aguas debajo de la presa Adolfo López Mateos, y la Carlos Carvajal Zarazúa, ubicada en el río Culiacán, a un kilómetro aguas debajo de la unión de los ríos Tamazula y Humaya.

El DR 010 tiene a su cargo la conservación de 3,895.769 km de canales, a lo largo de los cuales existen 8,651 estructuras de diferente tipo. Con base en las características de la red de distribución, el distrito se divide en dos sistemas: Humaya y Culiacán. La red de drenaje cuenta con 3,384.237 km, los cuales se distribuyen en dos sistemas: primarios y secundarios.

Por la gran extensión que abarca este distrito, el clima no es uniforme. De acuerdo con el sistema de Thornthwaite, modificado por Enriqueta García, los climas predominantes, son los de la zona norte y zona sur (Cuadro 5).

Cuadro 5. Climas en el DR 010.

Tipo	Características
(DWA'a) Zona norte	Provincia de humedad "D", semiárida, con vegetación de estepa, humedad deficiente en invierno, provincia de temperatura "A" tropical, con precipitación media anual de 500 mm.
(CWA'a) Zona sur	Provincia de humedad "C" subhúmeda, con vegetación pastal húmeda deficiente en invierno, provincia de temperatura "A" tropical, con precipitación media anual de 645 mm. Las precipitaciones se presentan normalmente durante el verano (77%), con lluvias de convección y durante el invierno (6%), en forma de equipatas.

El distrito está localizado en la trayectoria de los ciclones que se originan en el Océano Pacífico, por lo que ocasionalmente, entre los meses de agosto, septiembre y octubre, sufre las consecuencias de estas perturbaciones.

En el aspecto hidrológico, la principal fuente de abastecimiento de agua la conforman los ríos Humaya y Tamazula, cuyos escurrimientos son controlados por las presas de almacenamiento Adolfo López Mateos y Sanalona, respectivamente.

El río Humaya, formado por los ríos Lobos, Colorado, Badiraguato y los arroyos de San Luis Gonzaga y San José de Oro, tienen una cuenca hasta la presa Adolfo López Mateos de 11,636 km²; registra en promedio una precipitación media anual de 944 mm y un escurrimiento medio anual de 1,998 millones de metros cúbicos.

El río Tamazula, cuyos principales afluentes son el río San Francisco y el Arroyo Grande, tiene una cuenca hidrológica de 4,095 km² hasta la presa Sanalona; la precipitación media anual es de 1,129 mm y el escurrimiento medio anual es de 822.6 millones de metros cúbicos.

Las aguas superficiales que se utilizan para riego en el distrito son de buena calidad, tanto por el tipo de sales disueltas como por el bajo contenido total. Las aguas del subsuelo son de menor calidad que las superficiales. Sin embargo, la localización de los pozos con respecto a la red de canales permite que estas aguas se mezclen con las superficiales, lográndose con ello que el contenido total de sales disueltas en las aguas que se aplican a los cultivos sean, en todos los casos, inferiores al máximo permisible, que es de 600 ppm.

Dentro del área de influencia del distrito se localizan 13 series de suelos, de los cuales la mayor parte corresponde a las series llama y vitaruto. Son suelos profundos de textura arcillosa, pobres en nitrógeno y deficientes en drenaje superficial e interno.

El DR 074, Mocorito, fue establecido por decreto presidencial del 18 de diciembre de 1956, y publicado en el *Diario Oficial de la Federación* en la misma fecha. Abarca una superficie actual de riego de 41,500 ha, que se distribuyen entre 5,129 productores. De estos, 3,894 son ejidatarios y 1,235 son pequeños propietarios. La superficie total es de 41,500 ha, que está dividida en tres municipios (Cuadro 6):

Cuadro 6. Municipios del DR 074, Mocorito.

Municipio	Superficie (ha)
Salvador Alvarado	13,663
Angostura	18,571
Guasave	9,266
Total	41,500

Este distrito se ubica en la región noroeste del país, en la parte central de la faja costera del estado de Sinaloa. Su zona de riego se localiza a los 25° 24' de latitud norte y a los 108° 12' de longitud oeste de Greenwich. Presenta una altitud promedio de 25 msnm.

El distrito se abastece con el agua de dos presas principales: Eustaquio Buelna, construida en el río Mocorito, con capacidad de 343 millones de m³; y la Adolfo López Mateos (sólo como auxiliar), localizada en el río Humaya, con una capacidad de 3,150 millones de metros cúbicos.

El DR 074 tiene a su cargo la conservación de 449.076 km de canales, a lo largo de los cuales existen 2,803 estructuras de diferente tipo. La red de drenaje cuenta con 395.5 kilómetros.

De acuerdo con Thornthwaite, modificado por Enriqueta García, el clima predominante en este distrito es de tipo Bso (h') hW que corresponde a un seco cálido, con lluvias en verano y escasas precipitaciones e invierno. Se registra una temperatura media anual de 23.4°C, con una máxima absoluta de 45.5 °C y una mínima extrema de -1.1 °C. La precipitación media anual es de 608.9 mm. Al igual que el DR 010, este distrito está localizado en la trayectoria de los ciclones que se originan en el océano Pacífico, por lo que ocasionalmente, entre los meses de agosto, septiembre y octubre, sufre las consecuencias de estas perturbaciones.

Desde 1993, la Conagua señaló que en los DR 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, y 074, Mocorito, se contaba con la mayor infestación de lirio acuático por unidad de superficie de todos los distritos a nivel nacional (Fotografía 2).



Fotografía 2. Problemática de lirio acuático en el DR 010 y DR 074 en 1993.

Por esta razón, durante ese año se iniciaron acciones para abatir de manera sistemática los niveles de infestación de maleza acuática, ya que datos del propio distrito señalaban que cubría la infraestructura de riego de 3,511.01 ha, de las cuales 2,714.88 pertenecían a la red mayor y 796.13 a la de distribución. Así, la mayoría de los cuerpos de agua presentaban infestaciones severas.

4.1.2 Acciones iniciales

Las acciones iniciales más destacadas para combatir y controlar el lirio acuático consideraron los métodos mecánico y químico. En este sentido, en 1993 se evaluó la máquina trituradora de lirio acuático denominada “Retador” en el dique Batamote del sistema Humaya; no obstante, paralelamente se iniciaron los primeros estudios para desarrollar el control biológico de esta maleza en la región.

Debido a la gran infestación de lirio acuático que presentaban estos distritos, se consideraba conveniente conjugar un método rápido que disminuyera el enorme volumen de maleza, y uno a más largo plazo, pero con la posibilidad de ser permanente y, desde el punto de vista ambiental, más sano.

El “Retador” y el empleo de insectos del género *Neochetina spp* (comúnmente conocidos como neoquetinos), respondían, por el momento, a estas expectativas. Desafortunadamente, debido a problemas presupuestales no le dieron tiempo al “Retador” para demostrar a plenitud su capacidad de trituración.

En 1994, siguiendo la misma estrategia de control integral, se seleccionó un herbicida denominado “Basta” (glufosinato de amonio), fabricado por la empresa Química Hoechst, S.A. de C.V., para abatir de manera rápida la infestación de lirio hasta niveles operativamente manejables. En forma casi paralela, se inició el proyecto de control biológico de lirio acuático mediante la introducción y evaluación en el laboratorio de los insectos *Neochetina eichhorniae*, *N. bruchi* y *Niphograpta albiguttalis*.

La evaluación del herbicida de contacto “Basta” para el control de lirio acuático consistió en la aplicación del producto, la revisión del impacto en la calidad del agua y la detección de la persistencia del metabolito del herbicida. En esta labor también hubo extracción mecánica mediante dragas, acciones consideradas por los promotores del químico, como “control integral de lirio acuático”, ya que frecuentemente el lirio extraído se ocupaba como abono orgánico.

Este método con todas sus componentes fue puesto en práctica, a manera de demostración, en el dique Hilda del sistema Humaya, dentro del DR 010. El dique tiene una superficie de 12 ha, y antes de la demostración conservaba una infestación con lirio acuático del 90 por ciento.

El resultado de la limpieza fue favorable y su costo fue de \$2,750.00/ha. Los análisis de calidad del agua, así como de los residuos del metabolito del herbicida, indicaron que el producto no provocaba problemas en el ambiente. Aunque el costo de este producto resultaba más elevado que el de otros herbicidas en el mercado, las ventajas que ofrecía este método eran diversas:

- Posibilitaba la extracción del lirio acuático, puesto que el producto no lo hundía, lo que representaba una ventaja ecológica importante y un uso potencial de esta maleza como mejoradora de suelos, productora de biogás y pulpa para diferentes usos.
- Era el único producto entonces autorizado (por la Secretaría de Salud, para aplicarse directamente sobre agua).
- No había necesidad de detener el flujo del agua para riego en ningún momento, incluso cuando se estaba aplicando el producto.

Adicionalmente, se consideraron las siguientes características específicas de los Distritos de Riego 010 y 074:

- En el área de influencia de este distrito se cultivan alrededor de cien productos agrícolas, la mayoría de ellos para exportación; además, el agua de todos los canales desde entonces se empleaba para usos domésticos. En este sentido, se correría un riesgo importante si se aplicara un herbicida diferente.
- En la región existían ya malos antecedentes por la aplicación de químicos, puesto que habían provocado problemas sobre plantas y animales. Los productores aceptaron la ejecución de la demostración con el herbicida "Basta" y observaron y escucharon

los resultados obtenidos, sin que hayan detectado ningún problema de carácter ecológico. En otras palabras, existió confianza por la seguridad ambiental de este químico.

Posteriormente, se llevó a cabo un experimento donde se verificó el proceso de deterioro paulatino que iba sufriendo el lirio acuático durante sesenta días, después de haber aplicado el herbicida «Basta». Los resultados obtenidos señalaban que el lirio sufría una pérdida paulatina de biomasa y una reducción en los rebrotes de las plantas de lirio tratadas, y la planta permanecía sin hundirse, lista para la extracción.

No obstante lo anterior, los usuarios observaron que era demasiado problemático efectuar dos acciones para controlar al lirio acuático: la aplicación del herbicida y la extracción con draga. Además, consideraron que el costo de este método era caro y que no estaban en condiciones de aportar esa cantidad para controlar el lirio de todo el sistema Humaya.

Posteriormente, se constató una pronta reinfestación del dique, por lo que la aplicación del químico no representaba una real opción para controlar el lirio en la zona.

Por las razones anteriores, los productores estuvieron de acuerdo en continuar con la experiencia del método biológico para valorar el control de lirio acuático mediante los neoquetinos, a pesar de que estaban conscientes de que los resultados se observarían a largo plazo.

4.1.3 Experimentos de laboratorio

Para evaluar los insectos curculiónidos *Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi* (Fotografía 3) como agentes de control biológico de lirio acuático, se concertó con el Colegio de Postgraduados un convenio de colaboración, dada la experiencia que tienen sus investigadores sobre estos temas.

Los insectos se introdujeron a México en diciembre de 1993, procedentes de Florida, EUA; se estableció el proceso de cuarentena sanitaria



Fotografía 3. *Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi*.

en las instalaciones del Colegio de Postgraduados y, finalmente, se conformaron las condiciones para la obtención de organismos sanos.

La metodología para producir masivamente estos insectos tuvo que adecuarse a las condiciones sanitarias de las especies, puesto que se observó que estaban infectados con varios tipos de microorganismos, aunque los más difíciles de erradicar fueron los protozoarios conocidos como microsporidios. Por esta razón, la liberación prevista para el primer semestre de 1994 en el dique Batamote del sistema Humaya del DR 010, se postergó hasta finales de octubre de este mismo año.

El problema de los microsporidios hizo necesario identificar y poner en práctica una serie de metodologías para la producción de organismos sanos, ya que en diversas ocasiones organismos sanos originaban descendientes enfermos. Finalmente, se consideró necesario producir prácticamente de manera individual insectos vírgenes de ambos sexos para aparearlos posteriormente, siempre y cuando en sus heces fecales no aparecieran microsporidios.

Aunque la producción de neoquetinos sanos fue lenta al principio, se prefirió esta opción al hecho de liberar organismos enfermos, sobre todo, en una región donde no existían antes y en la que eran pioneros. Existen evidencias en los EUA de reinfestación de lirio en lugares donde ya había sido controlado por los neoquetinos.

La explicación que ofreció el Dr. Ted Center (experto internacional en control biológico de maleza acuática) a este fenómeno, fue que los neoquetinos presentes en los sitios reinfestados podrían haber estado contaminados con microsporidios (lo que reduce su potencialidad reproductiva y de ingesta). Por este motivo, el Dr. Center recomendó en ese momento no liberar ningún organismo infectado.

Después de obtener cepas de insectos sanos, se procedió a realizar experimentos de laboratorio para validar su eficacia como agentes de control biológico del lirio y conocer mejor su biología. Entre los experimentos efectuados destacan los siguientes cuatro:

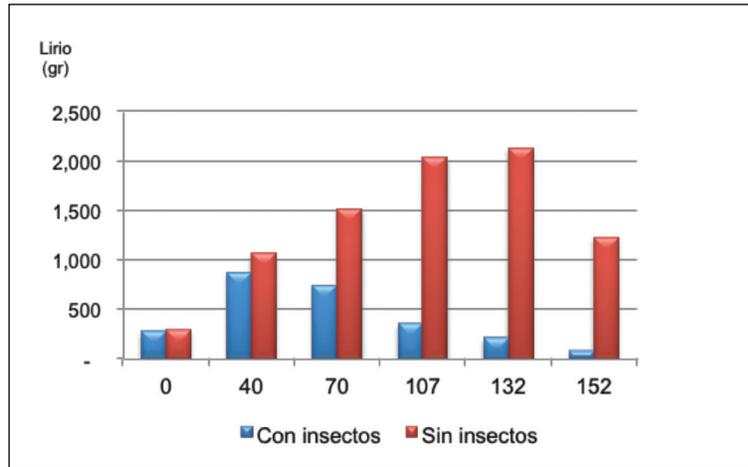
En el primero se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos: daño de insectos y testigo. Consistió en mantener una infestación de neoquetinos de alrededor de 1.2 parejas de ambas especies por planta durante 152 días, mientras que el testigo consistió en plantas sin daño de neoquetinos.

Se realizaron cinco repeticiones del tratamiento daño de insectos y sólo una del testigo. Las unidades experimentales consistieron en grupos de cinco plantas de lirio acuático, cuyo tamaño, número de hojas y cantidad de raíces fuera semejante. Las plantas iniciales dentro de cada grupo fueron identificadas con una etiqueta para diferenciarla de las plantas hijas. Cada grupo se colocó en una tina de plástico de 27x32x13 cm, y se cubrió con una malla de tela. Las plantas fueron proveídas con una solución hidropónica completa, la cual se renovó cada dos semanas.

Los resultados fueron muy claros. En las tinas testigo, sin insectos, la biomasa del lirio fue en aumento durante prácticamente todo el periodo de estudio, limitado finalmente por el espacio. En las parcelas experimentales con insectos, solamente en los primeros cuarenta días se mostró un crecimiento de lirio prácticamente similar al de las plantas sin insectos, producto de la adaptación inicial de los neoquetinos. Conforme pasó el tiempo, la biomasa de las plantas sin insectos

aumentó de manera espectacular, con respecto a la que se puso en contacto con los agentes de control. Éstas decrecieron hasta casi desaparecer al concluir los 152 días (Gráfica 1)

En la Fotografía 4 se muestra cómo las tinas testigo se mantuvieron prácticamente sin daño y con mayor biomasa, cubriendo completamente el cuerpo de agua de la tina.



Gráfica 1. Control de lirio en laboratorio durante 152 días..



PRIMER EXPERIMENTO
EN LABORATORIO



Fotografía 4. Lirio con y sin neoquetinos.

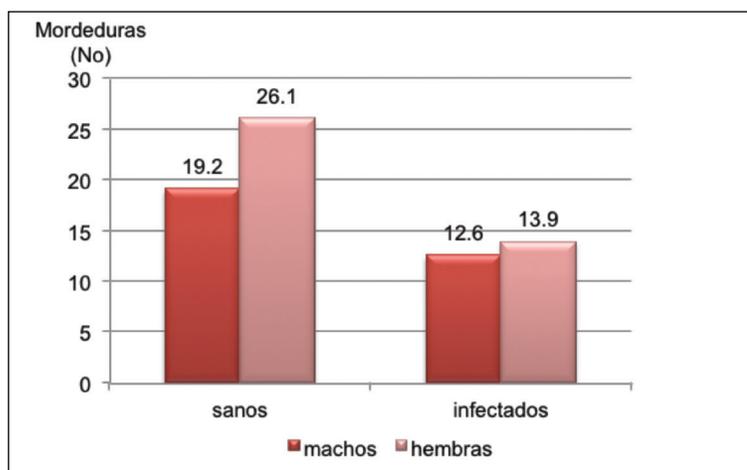
Métodos y resultados



Fotografía 5. Inicio del experimento.



Fotografía 6. Al final del experimento (225 días).



Gráfica 2. Evaluación de insectos por sus mordeduras al lirio.

En el segundo experimento en laboratorio se emplearon tinas de 2.5 m² y una densidad de seis neoquetinos por planta. A los 225 días se obtuvo el 100% de control. En la Fotografía 5 se observa la etapa inicial, y en la Fotografía 6, la final.

El tercer experimento, realizado también en el Colegio de Postgraduados, mostró que los insectos con entomopatógenos (microsporidios) muerden (consumen) un 34.3% menos lirio que los insectos sanos, cuando se trata de machos, y un 46% menos cuando se trata de hembras, como lo muestra la Gráfica 2. Además, las hembras sanas ovipositan durante 240 días, mientras las infectadas, lo hacen sólo durante 90, lo que representa un decremento del 75%. Estas diferencias notables representan un mayor impacto en control considerando insectos sanos (Figura 2).



Figura 2. Oviposición de neoquetinos sanos y enfermos.

El cuarto experimento corroboró que los neoquetinos son agentes de control específicos del lirio acuático. El experimento duró 24 días, en los cuales los insectos estuvieron expuestos ante diversas plantas de interés humano en eventos repetidos de 24 horas, sin que éstas sufrieran daños significativos.

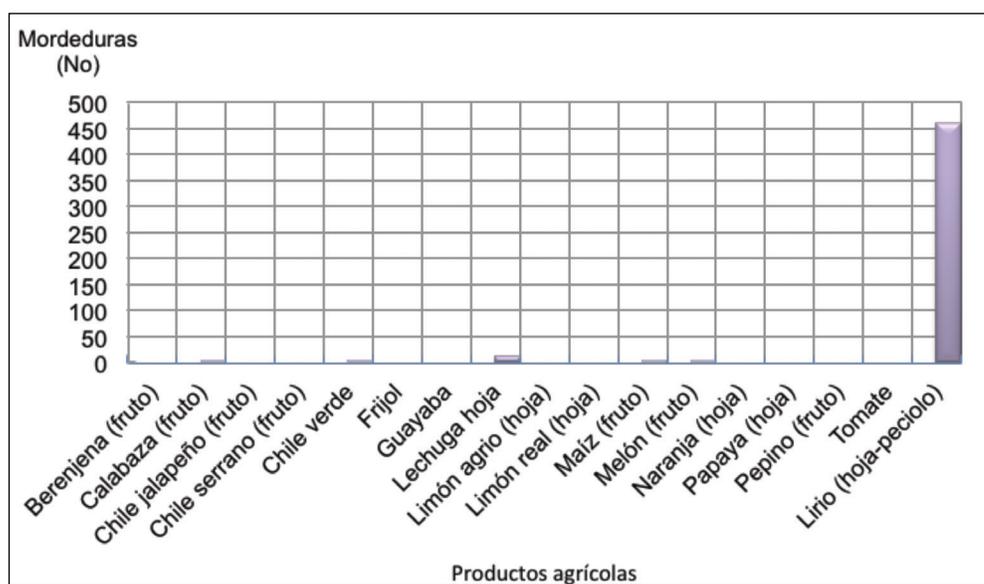
Con el apoyo de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, se colocaron en el laboratorio de Ecología tres recipientes de plástico de 30x20x15 cm, a los que se les puso en el fondo una hoja húmeda de papel absorbente. Este trabajo demostrativo consideró una fase experimental con dos repeticiones.

En estos recipientes se colocaron muestras de aproximadamente 15 cm de hojas tiernas de lirio acuático, además de los siguientes productos agrícolas de producción nacional: maíz, berenjena, melón, tomate verde, tomate rojo, pimiento, calabaza tierna, ejote y pepino.

Estos productos se depositaron de manera radial (en toda la orilla de los recipientes). Posteriormente, se colocó un insecto en el centro de cada recipiente y se observó su comportamiento. Los tres insectos liberados en esa ocasión invariablemente se dirigieron

a las hojas de lirio y allí permanecieron. Los neoquetinos fueron posteriormente separados de los recipientes de plástico por espacio de 36 horas y colocados en frascos con hojas tiernas de lirio acuático. Esta acción fue para que los insectos “olvidaran” los productos agrícolas con los que estuvieron en contacto y las pruebas sucesivas fueran más efectivas. Transcurrido ese tiempo, los insectos se colocaron nuevamente en presencia de las muestras de los productos agrícolas. Este procedimiento reiterativo se llevó a cabo aproximadamente por un mes. En todos los casos se consignó el número de mordidas que dieron los neoquetinos sobre los productos colocados como prueba, incluso sobre el lirio acuático.

Al final del experimento se pudo confirmar que estos insectos tienen una preferencia absoluta por el lirio acuático, ya que en los tres recipientes de plástico con la misma cantidad de lirio y frutos cultivados se observó reiteradamente que los insectos se ubican bajo la hoja (lámina) de lirio. Después de casi un mes de experimentación, todas las mordeduras de estos organismos están sobre el lirio. El Cuadro 7 muestra los datos obtenidos del experimento completo; la Gráfica 3 ilustra la conclusión del experimento.



Gráfica 3. Prueba de especificidad del neoquetino.

Cuadro 7. Prueba demostrativa de la especificidad del insecto

Cultivo/estructura		Número de exposiciones	Total de raspaduras	Promedio de raspaduras	Proporción de consumo respecto al lirio
Berenjena (fruto)		2	0	0	0
Calabaza (fruto)		13	1	0.076	0.003
Chile jalapeño (fruto)		6	0	0	0
Chile serrano (fruto)		6	0	0	0
Chile verde	Fruto	7	0.25	0.035	0.0001
	Hoja	2	0	0	0
Frijol	Ejote	5	0	0	0
	Hoja	6	0	0	0
Guayaba	Fruto	3	0	0	0
	Hoja	8	0	0	0
Lechuga hoja		11	13	1.18	0.053
Limón agrio (hoja)		8	0	0	0
Limón real (hoja)		6	0	0	0
Maíz (fruto)		10	1	0.1	0.004
Melón (fruto)		8	0.5	0.06	0.002
Naranja (hoja)		2	0	0	0
Papaya (hoja)		8	0	0	0
Pepino (fruto)		10	0	0	0
Tomate	Fruto	18	0	0	0
	Hoja	8	0	0	0
Lirio (hoja-peciolo)		21	461	21.95	1

Fuente: Pérez; Aguilar et al. (1995), Informe Final, Anexo 7, Convenio IMTA-Colegio.

Para la elaboración de la gráfica, se consideraron únicamente los productos agrícolas y el número total de raspaduras (mordeduras). En aquellos cultivos como chile verde, frijol, guayaba y tomate, en los que se consideraron tanto el fruto como las hojas, se obtuvo un promedio.

Estas experiencias obtenidas a nivel de laboratorio constituyeron la base para iniciar las liberaciones en el estado de Sinaloa, primero de manera controlada y después con carácter extensivo en diferentes cuerpos de agua con

problemas de lirio acuático dentro del área de influencia de los DR 010 y 074.

4.1.4 Parcelas experimentales y demostrativas en campo

A finales de 1994 en el dique Batamote, perteneciente al sistema Humaya, se instalaron seis parcelas de 2x2 m (estructura de PVC sanitario de 4 pulgadas), sobre superficies homogéneas cubiertas con lirio acuático, Cuatro

de las parcelas fueron cubiertas con malla, pero solamente en dos se liberaron insectos de ambas especies (*Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*). Las dos parcelas restantes sólo contuvieron un marco basal que indicaba la superficie del lirio en estudio (Fotografía 7).



Fotografía 7. Parcela experimental en el dique Batamote.

Se procuró que las bases de las estructuras de PVC llegaran hasta la superficie del agua, para que hubiera una clara diferencia entre las plantas de afuera y las de adentro de las parcelas. En la parte baja de las mallas se colocaron plomos para que éstas penetraran con rigidez bajo el agua, aproximadamente 30 cm. Las dos parcelas con insectos se consideraron experimentales y las cuatro sin insectos, testigos. Las evaluaciones de las parcelas se llevaron a cabo los días 1, 90, 201 y 320.

Los insectos se trasladaron de la ciudad de México al estado de Sinaloa dentro de viales de plástico de 3 cm de diámetro por 8.5 cm de largo, mezclados con viruta de madera húmeda. En la tapa de los viales se hizo una ventanilla de 1x0.7 cm, sellándose ésta con una malla fina. Los viales con los neoquetinos se colocaron dentro de una hielera preparada con bolsas de hielo y algodón sintéticos, y una tapa de unicel (Fotografía 8). Para esta movilización, principalmente aérea, de los

neoquetinos, se solicitó y se obtuvo autorización de las oficinas centrales de Sanidad Vegetal.



Fotografía 8. Empaque para el traslado de insectos.

En las dos parcelas experimentales se liberaron 72 neoquetinos sanos de ambas especies *N. bruchi* y *N. eichhorniae* (machos y hembras en la misma proporción). Las cuatro parcelas testigo se mantuvieron sin insectos.

Para poder entrar a las parcelas se utilizó equipo de protección, como chalecos salvavidas, zapatos especiales para caminar sobre el lirio, botas de hule y pantalón con peto de lona con botas integradas, similar al que usan los pescadores.

Para evaluar, tanto el crecimiento y desarrollo de los insectos como el deterioro provocado por ellos en las plantas de lirio, en todas las revisiones realizadas hasta el término del experimento se tomaron al azar 15 plantas de cada una de las parcelas antes descritas.

De cada parcela se registraron diferentes parámetros de la planta como largo y ancho de la hoja, altura del peciolo de la tercera hoja, el número total de hojas por planta, la densidad de plantas /m², presencia de floración e incluso el largo de la raíz (Figura 3). Respecto al insecto, se revisaron minuciosamente 15 plantas para detectar neoquetinos en sus fases de adulto, larva y

pupa por lirio, y finalmente, determinar la cantidad de mordedura (huellas) que los neoquetinos le producen al lirio en su tercera hoja. La Fotografía 9 recrea las evaluaciones en el dique Batamote del Sistema Humaya, y la Fotografía 10 muestra los tres estadios que se contabilizaron de los neoquetinos.

Después de 320 días de colocar por primera vez agentes de control biológico del lirio acuático en el área de influencia de los DR 010 y 074, se demostró que estos organismos tuvieron una excelente adaptación y que son eficientes controladores de lirio acuático.

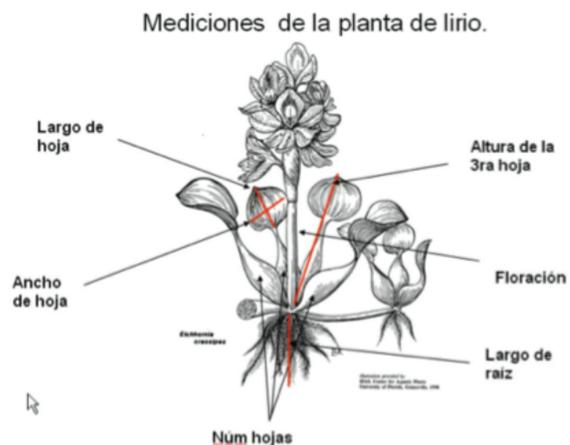


Figura 3. Parámetros evaluados para el estudio del lirio.



Fotografía 9. Evaluaciones periódicas de lirio e insectos en el dique Batamote.

PARÁMETROS EVALUADOS

Crecimiento de insectos



Larva



Pupa



Adulto

Fotografía 10. Los tres estadios de los nequetinos evaluados.

Al inicio del experimento el lirio tenía 48.3 cm de altura promedio (longitud de la tercera hoja), con raíces bien desarrolladas y robustas de más de 25 cm. La densidad era de 50 lirios/m², lo que hace un total de 200 lirios en 4 m², así que al liberar 72 insectos adultos en las parcelas de 4 m² con 200 lirios, se inició con una densidad 0.36 insecto/lirio. La Fotografía 11 muestra las condiciones iniciales de las parcelas.

El insecto se fue multiplicando en sus tres etapas: pupa, larva, adulto. Al inicio no se notaba su presencia, pero poco a poco se fue evidenciando por sus efectos: primero, por las marcas de sus mordeduras en la hoja que pronto dieron cabida a la presencia de hongos y otros microorganismos (Fotografía 12).



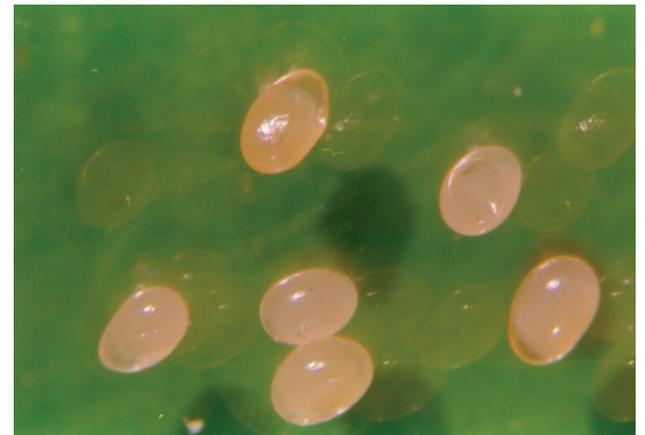
Fotografía 11. Condiciones iniciales de la parcela demostrativa.



Fotografía 12. Marcas de las mordeduras del adulto.

Posteriormente, por el efecto la ovoposición de los huevecillos de los insectos en el peciolo de la hoja (Fotografía 13). Luego, por su recorrido

como larvas a lo largo del peciolo de la hoja, provocando galerías en su interior que afecta el desarrollo de la planta (Fotografía 14).



Fotografía 13. El adulto oviposita en el peciolo de la hoja (nueve días).



Fotografía 14. La larva ocasiona galerías en el tallo de lirio durante 31 días.

Cuando la larva llega a la raíz se convierte en pupa y permanece en ese estadio debajo del agua. Ello corrobora que el neoquetino es una especie absolutamente dependiente del lirio y no le permite desarrollarse plenamente en plantas de cultivo (Fotografía 15).

De esta manera cumple su ciclo de vida, muy característico por depender absolutamente del lirio acuático. La especie *N. bruchi* completa su ciclo de vida en 90 días en condiciones de laboratorio a 25 °C, y la especie *N. eichhorniae* en 120 días. La Figura 4 muestra un esquema de su ciclo de vida.



Fotografía 15. Estadio de pupa viviendo en la raíz, debajo del agua.

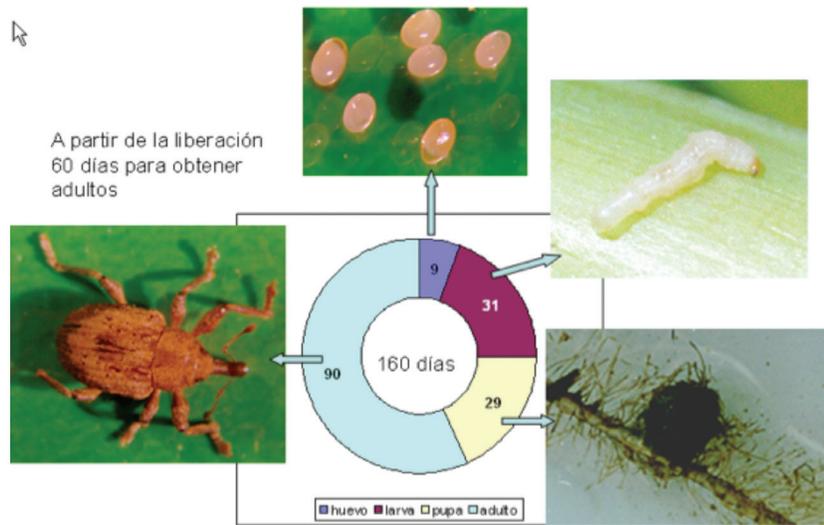


Figura 4. Ciclo de vida de *N. bruchi* a 25°C, en condiciones de laboratorio.

Una vez que cumplen su ciclo, los insectos empiezan un proceso de reproducción exponencial que, conforme pasa el tiempo, va afectando más y más a la planta.

En los primeros noventa días dentro de las parcelas demostrativas se da una adaptación

y estabilidad del insecto en todo el proceso reproductivo, donde ya se encuentran todos sus estadios. Posteriormente, predomina la larva hasta que el estadio preponderante es el adulto (Cuadro 8).

Métodos y resultados

Cuadro 8. Resultados de la parcela experimental.

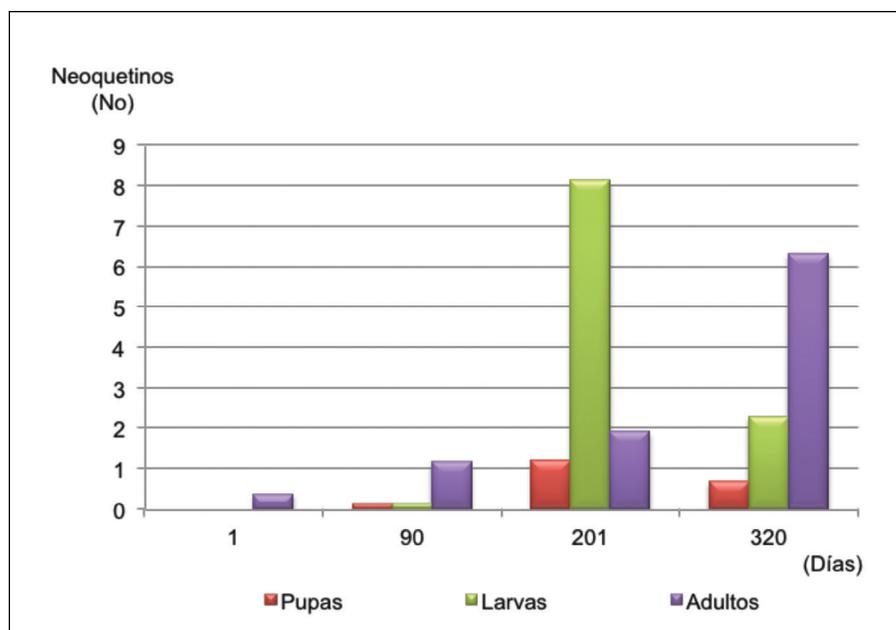
Fase	Tiempos pos de evaluación															
	Día 1				Día 90				Día 201				Día 320			
	Población		Densidad		Población		Densidad		Población		Densidad		Población		Densidad	
	b	e	b	e	b	e	b	e	b	e	b	e	b	e	b	e
Adulto/especie	20	52	0.1	0.26	5	13	0.3	0.86	16	13	1.06	0.86	44	51	2.93	3.4
Adulto total	72		0.36		18		1.16		29		1.92		95		6.33	
Larva	0		0		2		0.13		122		8.13		34		2.27	
Pupa	0		0		2		0.13		18		1.2		10		0.67	

Nota: b) *Neochetina bruchi*.
e) *Neochetina eichhorniae*.

El desarrollo de las pupas no es muy claro, probablemente por la dificultad de su observación en los muestreos. En las larvas sí se observa un incremento importante en número y después existe un decremento que da pauta a un desarrollo más claro en los adultos y presenta como resultado un crecimiento exponencial (Cuadro 9 y Gráfica 4). Particularmente, en la Gráfica 5 se muestra únicamente el crecimiento de los adultos y su tendencia.

Cuadro 9. Desarrollo del insecto en la parcela experimental.

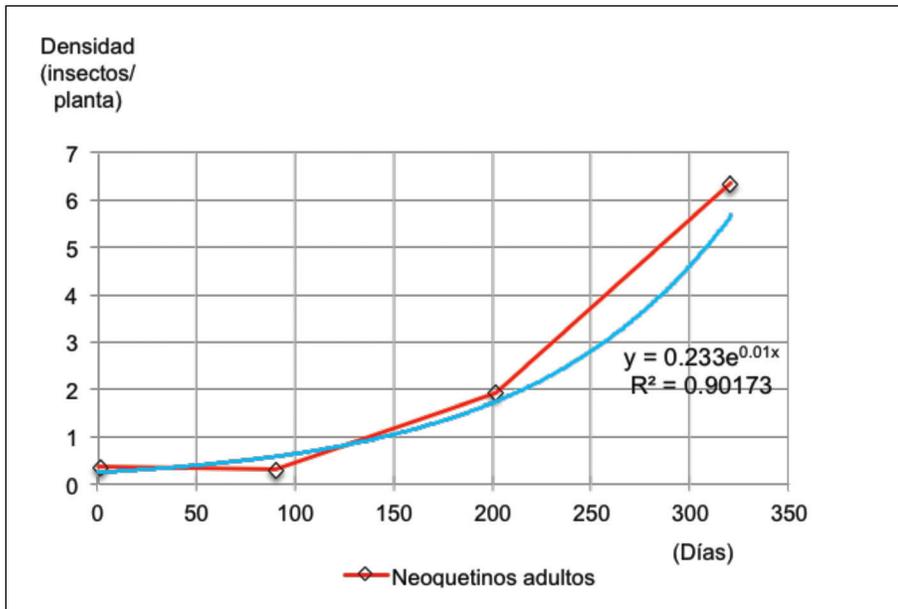
Día	Pupas	Larvas	Adulto
1	0	0	0.36
90	0.13	0.13	1.16
201	1.2	8.13	1.92
320	0.67	2.27	6.33



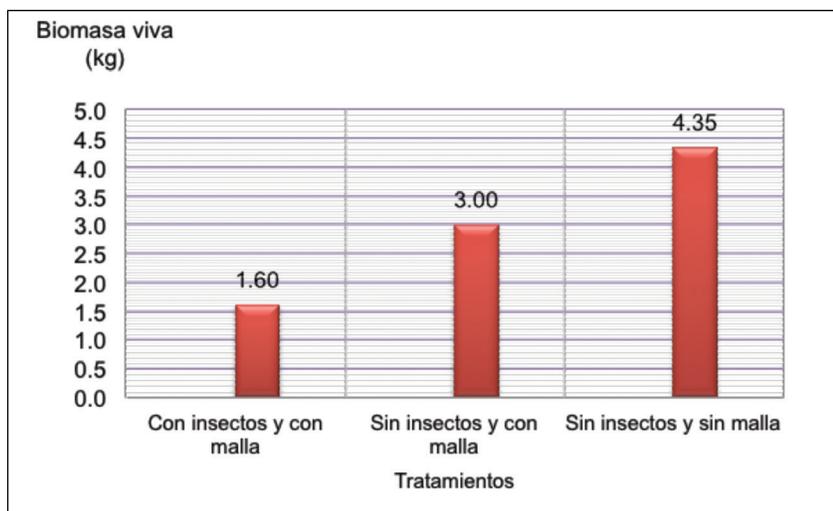
Gráfica 4. Desarrollo de los insectos en la parcela experimental del dique Batamote.

Mientras la población del insecto adulto crecía exponencialmente, la del lirio ya no seguía su comportamiento normal. En sus primeros días no

mostraba diferencia alguna, pero conforme pasaba el tiempo, su proceso normal de desarrollo se iba afectando, aunque no resultaba del todo claro con los parámetros considerados (Cuadro 10).



Gráfica 5. Desarrollo de insectos adultos. Parcela experimental del dique Batamote.



Gráfica 6. Biomasa viva residual del lirio a los 320 días.

Métodos y resultados

Cuadro 10. Comportamiento del lirio en la parcela experimental.

Día	Experimental (promedio)			Testigo con malla (Promedios)			Testigo sin malla (Promedios)		
	Altura 3a. hoja	No. hojas por planta	Mordeduras 3a. hoja	Altura 3a. hoja	Hojas por planta	Mordeduras 3a. hoja	Altura 3a. hoja	Hojas por planta	Mordeduras 3a. hoja
(No.)	(cm)	(cantidad)	(cantidad)	(cm)	(cantidad)	(cantidad)	(cm)	(cantidad)	(cantidad)
1	48.3	10.0	0.0	48.3	10.0	0.0	48.3	10.0	0.0
90	61.1	10.0	16.26	46.2	9.2	0.0	39.3	9.6	0.0
201	47.0	10.0	84.80	59.2	10.5	0.0	38.0	13.0	0.0
320	40.6	8.0	460.50	78.3	7.9	12.6	56.1	10.6	168.2

La altura inicial de la tercera hoja (alto de la planta) en la parcela experimental, se redujo 16%, mientras que en las parcelas testigo, con y sin malla, se observó un incremento del 62 y 16%, respectivamente. Comparativamente con la parcela experimental, la testigo con malla se incrementó 92%, y la testigo sin malla 38%. Respecto al número de hojas por lirio, no se aprecia mayor cambio en las diferentes parcelas. Lo que sí es claro son las marcas de las mordeduras de los insectos: 460 marcas/hoja en la experimental, y aunque era de esperarse que en las testigo no existieran estas marcas, ya aparecen con 12.6 y 168 marcas/hoja, respectivamente. Esto indicaba que el insecto estaba ya presente en las parcelas testigo. Por lo mismo, ya no tenía sentido continuar con el experimento, máxime el enorme daño físico que el insecto le había provocado al lirio en la parcela experimental.

Así, en la última evaluación (a los 320 días), los parámetros anteriores ya no permitían reflejar las grandes diferencias que existían entre parcelas experimentales (con neoquetinos) y las testigos (sin neoquetinos), que se observaban a simple vista. Por ello, se consideraron dos evaluaciones adicionales: el peso total de las plantas y el peso de la materia viva y muerta: el peso de 15 plantas de las parcelas testigos muestran un peso superior en 91.39 y 122%, respecto a la experimental (Cuadro 11).

Cuadro 11. Peso de plantas a los 320 días.

Parcela	Peso de 15 plantas (g)
Experimental	5,225
Testigo c/malla	10,000
Testigo s/malla	11,650

Con este parámetro quedaba claro el efecto de control, pero para valorar aún mejor el impacto del insecto en la planta de lirio se determinó biomasa viva y biomasa muerta, mediante dos muestras en cada parcela de cinco plantas cada una. El promedio de los resultados se ofrece en el Cuadro 12. La Gráfica 6 muestra los resultados finales de los tres tratamientos en cuanto a biomasa viva.

Cuadro 12. Diferenciación entre la biomasa viva y muerta.

Parcela	Determinación de biomásas				
	Peso (kg)			Biomasa (%)	
	Total	Viva	Muerta	Viva	Muerta
Experimental	2.700	1.600	1.100	59.26	40.74
Testigo c/malla	4.050	3.000	1.050	74.21	25.79
Testigo s/malla	5.900	4.350	1.550	73.50	26.50

Los resultados del peso total son muy similares a los de la medición de 15 plantas, pues se encontró un incremento en parcelas testigo con

masa y sin masa respecto al experimental del 50 y 118%, respectivamente. Resulta claro que la biomasa en la parcela experimental se vino abajo, pero esto es más evidente al ver que en las parcelas testigo sólo el 25.7% es de materia muerta, lo que se considera normal, mientras que en la experimental ya llega al 40 % mostrando un lirio destruido, a punto de morir.

A los 323 días de establecida la parcela, la densidad de neoquetinos adultos llegó a 6.33/lirio causando ya un daño irreversible. El lirio de la parcela experimental estaba diezmado, y a pesar de que aún conservaba cierta materia viva, estaba en proceso de degradación total. El resultado experimental obtenido fue concluyente. El neoquetino sí es un agente de control eficiente de lirio acuático para las condiciones imperantes en el DR 010 Culiacán Humaya. La Fotografía 16 recrea la parcela testigo (sin insectos) y la experimental (con insectos), al final del experimento.

Manejar ambas especies de neoquetinos en el control del lirio resulta de enorme importancia. La literatura señala que cubren nichos diferentes y, por lo tanto, se complementan en el efecto de control. Los datos del experimento indican que si bien se empezó con una densidad de 0.1 neoquetinos adulto de *Neochetina bruchi*, y de 0.26 *N. eichhorniae* por cada lirio, el experimento se concluyó con

una densidad de 2.93 y 3.4, respectivamente, pero además, con 2.7 larvas y 0.67 pupas de ambas especies. Esto dio como resultado un total de 9.27 insectos/lirio en completa convivencia y con un efecto de control eficiente y efectivo sobre el lirio. Estos resultados confirman la conveniencia de emplear las dos especies en un programa de control biológico del lirio acuático.

4.1.5 Interacción con productores y directivos de los distritos riego

Como parte de la estrategia metodológica se estableció una relación estrecha con los productores y sus autoridades, que se consolidó con un flujo permanente de información y la demostración de campo de los resultados experimentales-demostrativos (Fotografía 17). De esta manera, se obtuvo su anuencia para efectuar todas las acciones orientadas a controlar el lirio acuático en estos distritos. Desde la llegada del equipo de trabajo de maleza del IMTA a los DR 010 y 074, se buscó atraer el interés de los productores de la región, así como lograr su consenso; era necesario formalizar esta relación de trabajo para asentar por escrito los compromisos contraídos por cada parte.



Fotografía 16. Parcela testigo y experimental a los 320 días.



Fotografía 17. Comunicación permanente con productores.

Como resultado de la interacción con las autoridades de los módulos, se elaboró el primer Anexo Técnico de Colaboración entre el IMTA y la ANUR (existía ya el Convenio respectivo), a través de los 18 módulos de riego que integraban en aquel entonces a los DR 010 y 074; se firmó el 18 de mayo de 1995 (Fotografía 18). El informe final correspondiente se entregó a satisfacción de los usuarios (junto con un audiovisual y una propuesta de continuidad) el 15 de septiembre de 1996. El objetivo de dicho Anexo fue: "Desarrollar, consolidar y promover un Programa de control

biológico de lirio acuático y de cola de mapache en los distritos de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, y 074 Mocerito en Sinaloa, mediante la liberación, establecimiento y evaluación de los insectos *Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae* y de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*".

Esta fue la primera ocasión que se obtuvo la aportación económica de los productores en proyectos de control de maleza acuática, con un monto de \$144,000.00 (\$8,000 por cada uno de los 18 módulos de riego de los distritos).



Fotografía 18. Firma del convenio de colaboración con productores.

4.1.6 Liberaciones abiertas de los neoquetinos

Cuando se inició el programa de control de lirio acuático, la situación de los DR 10 y 074 era sumamente crítica en las presas de almacenamiento Adolfo López Mateos y Sanalona,

la presa derivadora Andrew Weiss, diez diques del sistema Culiacán-Humaya-San Lorenzo y cuatro pequeñas derivadoras de estos sistemas, debido a que se encontraban con una muy alta infestación de maleza acuática (Fotografía 19, Fotografía 20, Fotografía 21 y Fotografía 22).



Fotografía 19. Presa Adolfo López Mateos.



Fotografía 20. Presa Sanalona.



Fotografía 21. Dique Batamote.



Fotografía 22. Dique Hilda.

La estrategia para la conservación y operación de los módulos de riego que se practicaba hasta ese momento consistía en contener el lirio con retenidas, redes que atraviesan el canal, para reducir el taponamiento de las estructuras de control en el canal principal (Fotografía 23). Si bien estas redes evitaron el problema, la estrategia funcionó sólo al inicio. Después, con el tiempo, se incrementó el problema al ocasionar el acumulamiento severo de la infestación de lirio en los propios diques.



Fotografía 23. Red de confinamiento a la salida del dique.

En las grandes presas prácticamente no se tenían acciones de control. De esta manera, los productores convivían con las fuertes infestaciones de lirio, que aunque fluctuantes, eran permanentes tanto en los diques como en las presas.

Ante este panorama sumamente dramático de infestación en todo el sistema, los resultados obtenidos en la parcela experimental en el dique Batamote significaron una opción novedosa y promisoriosa, y constituyeron una base sólida para proceder a las liberaciones masivas. Ante la disyuntiva de concentrar los esfuerzos en pocos cuerpos de agua o abarcar todos aquellos que se encontraban infestados, se optó por lo segundo, teniendo como fundamento principal el crecimiento exponencial observado de los insectos, y el objetivo de lograr un control generalizado y efectivo en todo el sistema, y no sólo en ciertos cuerpos de agua (Figura 5).

Así, entre enero de 1995 y agosto de 1996, fueron liberados abiertamente un total de

22,137 insectos (8,042 de la especie *Neochetina eichhorniae* y 14,095 de *N. bruchi*) en 41 puntos específicos que correspondieron a 18 cuerpos de agua durante seis jornadas de liberación (cuadro 13). Esta definición de los puntos de liberación fue uno de los principales aspectos del éxito del programa.

En cada sitio, los neoquetinos se liberaron al “voleo” sobre superficies establecidas de lirio acuático; en otros casos, para asegurar su protección, los organismos se depositaron dentro de las brácteas de plantas individuales de esta maleza, arrojándose éstas hacia los tapetes constituidos por la maleza (Fotografía 24). Por lo regular, en cada evento se liberaron entre 500 y 1,500 organismos.



Fotografía 24. Liberaciones abiertas.

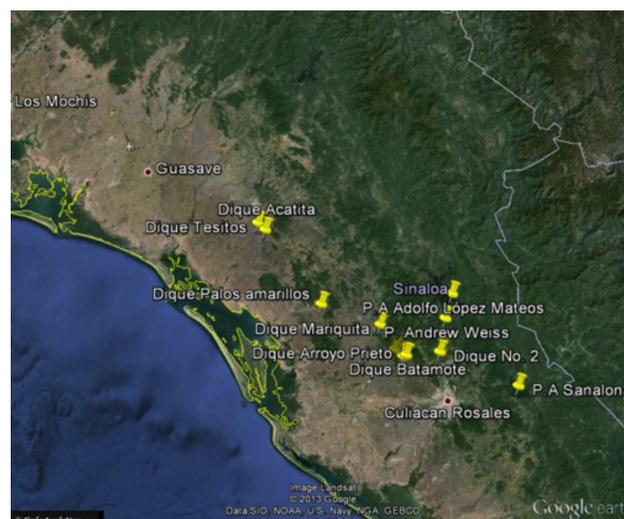


Figura 5. Presas y algunos diques de los Sistemas Culiacán-Humaya.

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

Cuadro 13. Liberaciones abiertas de nequetinos

Cuerpo de agua	Organismos liberados			Fecha de liberación	Sitio específico
	N. eichhorniae	N. bruchi	Totales		
Desfogue km 40+900 del CPH (un sitio)	0	34	34	25-ene-95	Centro del cuerpo de agua.
Dique Batamote (un sitio)	166	600	766	17-may-95	Cortina del dique.
Dique Arroyo Prieto (un sitio)	200	498	698	17-may-95	Red de contención.
Desfogue km 40+900 del CPH (un sitio)	100	874	974	17-may-95	Centro del cuerpo de agua.
Dique Hilda (un sitio)	0	508	508	17-may-95	Cortina del dique.
Dique Mariquita (tres sitios)	0	522	522	17-may-95	Km 52+000, cortina del dique.
	0	644	644	17-may-95	Atrás de la Virgen.
	0	560	560	17-may-95	Terminación de la cortina.
Subtotales	0	1,726	1,726		
Presas Sanalona (cuatro sitios)	0	385	385	13, 14 y 15/ sep/95	Lecho río Tamazula. A la altura de Los Brasiles.
	0	385	385	13, 14 y 15/ sep/95	Boca del río Tamazula.
	0	377	377	13, 14 y 15/ sep/95	Centro del vaso de la presa.
	0	377	377	13, 14 y 15/ sep/95	Cortina de la presa.
Subtotales	0	1,524	1,524		
Presas Adolfo López Mateos (seis sitios)	0	404	404	13, 14 y 15/ sep/95	El Ayate.
	0	406	406	13, 14 y 15/ sep/95	La Ceibita.
	0	406	406	13, 14 y 15/ sep/95	Frente a la isla de Los Peña.
	61	375	436	13, 14 y 15/ sep/95	Entrada a "El Salate".
	61	375	436	13, 14 y 15/ sep/95	Cerco de piedra.
	62	376	438	13, 14 y 15/ sep/95	Frente a la cortina. Isla "El Zapote".
Subtotales	184	2,342	2,526		

Métodos y resultados

Cuerpo de agua	Organismos liberados			Fecha de liberación	Sitio específico
	N. eichhorniae	N. bruchi	Totales		
Derivadora Andrew Weiss (tres sitios)	0	344	344	13, 14 y 15/ sep/95	Margen derecha cortina, 50 m aguas arriba vertedor.
	0	344	344	13, 14 y 15/ sep/95	Margen derecha cortina, 75 m aguas arriba vertedor.
	0	344	344	13, 14 y 15/ sep/95	Margen izquierda cortina, 25 m aguas arriba vertedor.
Subtotales	0	1,032	1,032		
Dique Batamote (un sitio)	0	422	422	13, 14 y 15/ sep/95	Final dique. Cerca de la cortina.
Dique Arroyo Prieto (un sitio)	0	423	423	13, 14 y 15/ sep/95	Palo negro. A 300 m de la red, aguas arriba.
Presa Sanalona, río Tamazula (cuatro sitios)	215	215	430	24-ene-96	Lado derecho del cuerpo de agua.
	214	215	429	24-ene-96	Parte central del cuerpo de agua (1).
	214	215	429	24-ene-96	Parte central del cuerpo de agua (2).
	214	215	429	24-ene-96	Lado izquierdo del cuerpo de agua.
Subtotales	857	860	1717		
Dique Mariquita (un sitio).	700	300	1,000	08-may-96	Canal de salida.
Derivadora Cerro Bola (un sitio).	175	75	250	09-may-96	Centro de cuerpos de agua.
Derivadora Gato (un sitio).	175	75	250	09-may-96	100 m antes de estructura.
Dique Acatita (un sitio).	350	150	500	09-may-96	Sobre canal de salida.
Dique Tesitos (un sitio).	175	75	250	09-may-96	Sobre canal de salida.

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

Cuerpo de agua	Organismos liberados			Fecha de liberación	Sitio específico
	N. eichhorniae	N. bruchi	Totales		
Canal Principal Oriental (cinco sitios)	175	75	250	09-may-96	Cruce Carr: Culiacán-Navolato/ Harinera
	175	75	250		Instalaciones de Pémex.
	350	150	500		km 7+557.
	350	150	500		km 9+500 (automáticos).
	350	150	500		Entre km 10+220 y cruce ferrocarril.
Subtotales	1,400	600	2,000		
Derivadora Culiacán (un sitio).	376	161	537	10-May-96	Puente, Carr: libre Culiacán-Mochis.
Presas Sanalona (seis sitios)	159	91	250	07-ago-96	Vaso de la presa. (1)
	159	91	250		Vaso de la presa. (2)
	159	91	250		Vaso de la presa. (3)
	159	91	250		Vaso de la presa. (4)
	159	91	250		Vaso de la presa. (5)
	159	91	250		Vaso de la presa. (6)
Subtotales	954	546	1,500		
Presas Adolfo López Mateos (cinco sitios)	414	236	650	11-ago-96	Vaso de la presa. (1)
	414	236	650		Vaso de la presa. (2)
	414	236	650		Vaso de la presa. (3)
	414	236	650		Vaso de la presa. (4)
	414	236	650		Vaso de la presa. (5)
Subtotales	2,070	1,180	3,250		
Derivadora Andrew Weiss (dos sitios)	80	45	125	08-ago-96	Margen derecha cortina, 50 m aguas arriba vertedor. (1)
	80	45	125		Margen derecha cortina, 50 m aguas arriba vertedor. (2)
Subtotales	160	90	250		

Cuerpo de agua	Organismos liberados			Fecha de liberación	Sitio específico
	N. eichhorniae	N. bruchi	Totales		
Totales	8,042	14,095		22,137	

Una vez hecha la liberación se realizaron muestreos periódicos, particularmente en el dique Batamote, que permitieron conocer el proceso de expansión de los neoquetinos, así como el deterioro causado a su hospedera: el lirio acuático. También se registraron las fluctuaciones de los principales embalses y las variaciones de la superficie infestada. Esta información, sistematizada y analizada desde 1995 hasta finales del 2001, permitió conocer de manera fidedigna el comportamiento de las poblaciones de los insectos y del lirio acuático, y evaluar a los neoquetinos como agentes de control biológico de lirio acuático en la infraestructura de riego.

A partir de 1996 se integró al equipo de trabajo la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de su Facultad de Agronomía, consolidando el trabajo técnico e interinstitucional. Con su participación, se logró mayor presencia en la zona y se obtuvieron resultados más expeditos.

Se siguió un proceso de trabajo minucioso y sistemático en el desarrollo de la población de los insectos y del lirio acuático en cada cuerpo de agua. A modo de ejemplo, se presentan los resultados obtenidos en los diques Batamote e Hilda, y en las Presas Adolfo López Mateos y la Sanalona, que muestran lo ocurrido en el proceso de control general.

4.1.6.1 Dique Batamote

Al inicio de las liberaciones de insectos, el dique Batamote tenía un espejo de agua de 120 ha con una superficie infestada de lirio de 114 ha; es decir, 95%, como lo muestra la Fotografía 25. Existían, en promedio, 29.2 plantas/m² y una densidad de 40.8 kg/m². Una planta de lirio promedio pesaba 1.4 kg. Los registros del crecimiento y evolución del

lirio y de sus agentes de control se muestran en el Cuadro 14, mientras que el proceso de control de lirio acuático se indica en el Cuadro 15.



Fotografía 25. Dique Batamote, hasta 1993

De 1994 a 1995 se liberaron 994 insectos adultos y, en septiembre de 1996, otros 423, dando un total 1,417 insectos adultos. Al inicio de la liberación se tenía una densidad promedio de 0.0000016 insectos/planta de lirio, lo que lo ponía en condiciones muy desventajosas para fungir como agente de control de 46,603 toneladas de lirio que existían en el dique.

Sin embargo, los insectos mostraron un excelente comportamiento de reproducción y propagación. Aunque durante el primer año no fue notorio por la gran extensión de lirio que existía a los 456 días, la densidad promedio se incrementó a 0.75 insectos adultos, 0.8 larvas y 0.04 pupas por lirio (los tres estadios del insecto), con lo cual la cobertura del lirio se redujo del 90 al 80%, y su efecto de control ya era importante. El peso promedio/lirio se había reducido de 1.4 kg a 0.65 kg; una reducción del 53%. Considerando la biomasa total del embalse, se redujo de 46,603 a 28,554 toneladas.

Cuadro 14. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Batamote.

Fecha	Días	Neoquetinos					Lirio					
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)			Hojas/planta (cantidad)	Pecíolo 3ª. hoja (cm)	Hoja (cm)		Marcas en hoja*	Plantas/m² (cantidad)	Densidad (kg/m²)
			Adultos	Larvas	Pupas			Ancho	Largo			
25-oct-94	1	52.00	0.0000016	0.00	0.00	10.00	48.30			0	29.20	40.88
25-ene-95	92	176.00	0.0000078	0.00		9.60	39.30			0	33.75	40.50
17-may-95	204	766.00	0.0001017	0.00		12.00	44.00			0	50.00	40.00
15-sep-95	325		0.47	0.06	0.00	9.13	69.07			73.20	43.22	35.30
24-ene-96	456		0.75	0.80	0.04	10.00	37.00			41.00	48.00	31.20
08-may-96	561		0.90	1.95	0.00	8.50	31.00	5.30		97.00	38.00	15.20
08-ago-96	653		0.82	1.80	0.08	8.11	52.18	9.47	13.17	50.27	33.55	22.81
17-sep-96	693	423.00	5.67	3.22	0.00	8.70	36.40	8.92	10.45	196.22	29.88	20.91
27-sep-96	703		4.70	2.00	0.70	6.70	38.90	8.75	10.85	163.10	39.40	27.58
04-oct-96	710		5.20	1.80	0.10	7.00	35.10	11.00	12.30	229.60	37.14	25.99
25-oct-96	731		7.30	1.70	1.40	6.50	34.60	8.30	11.00	169.60	46.00	32.16
23-nov-96	760		1.20	1.40	0.60	6.20	31.20	7.80	9.95	76.90	46.50	23.25
09-dic-96	776		0.81	3.48	0.00	5.65	30.65	9.47	9.79	38.70	76.00	24.10
27-dic-96	794		0.90	1.30	0.10	7.30	23.70	10.70	9.85	31.70	47.50	19.00
12-ene-97	810		0.60	2.80	0.00	7.40	23.10	10.20	11.05	32.80	50.00	20.00
27-ene-97	825		0.70	1.70	0.00	6.07	23.17	9.88	8.97	32.83	70.67	21.50
17-feb-97	846		0.47	1.33	0.15	6.33	15.61	7.80	6.86	31.67	76.33	18.24
04-mar-97	861		0.87	1.00	0.00	7.17	25.60	9.05	8.18	22.30	68.00	39.14
19-mar-97	876		0.57	1.47	0.03	6.93	25.52	8.41	7.83	33.77	82.00	30.67
05-abr-97	893		0.87	1.17	0.10	6.83	19.48	7.39	6.83	30.27	79.00	28.15
18-abr-97	906		0.73	1.53	0.20	7.13	24.73	8.82	7.76	36.87	91.67	33.81
03-may-97	921		1.03	1.30	0.27	6.83	25.48	8.32	8.28	36.37	80.67	33.22
18-may-97	936		0.45	1.85	0.35	6.35	23.45	7.80	8.03	40.60	89.50	24.90
12-jun-97	961		2.05	1.30	0.35	5.70	32.20	8.05	9.48	56.50	73.50	34.23
10-jul-97	989		2.55	0.85	0.45	5.90	26.90	8.13	9.75	119.50	66.00	26.82
28-jul-97	1,007		5.60	0.85	0.00	6.00	33.70	9.08	11.03	180.80	59.00	23.81
12-dic-97	1,144		5.17	1.33	1.67	-	-	-	-	-	45.00	19.35
22-ago-98	1,397		2.40	2.30	0.00	3.70	35.00	11.60	12.00	223.20	52.00	15.60

*Huellas de las mordeduras de neoquetinos adultos en el haz de la hoja.

Cuadro 15. Proceso de control biológico de lirio acuático en el dique Batamote

Fecha	Días	Insectos Adultos		Embalse				Plantas	
		Liberados (cantidad)	Total (cantidad)	Superficie Espejo de agua (ha)	Infestada de lirio (%)	(ha)	Plantas totales (cantidad)		Biomasa (toneladas)
25-oct-94	1	52.00	52	120.00	95.00	114.00	33,288,000	46,603.20	1.40
25-ene-95	92	176.00	461	120.00	90.00	108.00	36,450,000	43,740.00	1.20
17-may-95	204	766.00	5,321	116.25	90.00	104.63	52,312,500	41,850.00	0.80
15-sep-95	325		20,798,025	113.75	90.00	102.38	44,251,117	36,138.41	0.82
24-ene-96	456		32,947,200	114.40	80.00	91.52	43,929,600	28,554.24	0.65
08-may-96	561		30,607,632	111.87	80.00	89.50	34,008,480	13,603.39	0.40
08-ago-96	653		13,755,500	62.50	80.00	50.00	16,775,000	11,405.00	0.68
17-sep-96	693	423.00	150,445,028	111.00	80.00	88.80	26,533,440	18,568.08	0.70
27-sep-96	703		138,885,000	100.00	75.00	75.00	29,550,000	20,685.00	0.70
04-oct-96	710		159,330,600	110.00	75.00	82.50	30,640,500	21,441.75	0.70
25-oct-96	731		293,825,000	125.00	70.00	87.50	40,250,000	28,140.00	0.70
23-nov-96	760		46,461,870	128.10	65.00	83.27	38,718,225	19,359.11	0.50
09-dic-96	776		46,516,275	116.25	65.00	75.56	57,427,500	18,210.56	0.32
27-dic-96	794		32,302,969	116.25	65.00	75.56	35,892,188	14,356.88	0.40
12-ene-97	810		22,171,500	113.70	65.00	73.91	36,952,500	14,781.00	0.40
27-ene-97	825		33,747,752	113.70	60.00	68.22	48,211,074	14,667.30	0.30
17-feb-97	846		21,637,170	120.63	50.00	60.31	46,036,531	11,001.00	0.24
04-mar-97	861		24,070,725	116.25	35.00	40.69	27,667,500	15,925.09	0.58
19-mar-97	876		16,826,400	120.00	30.00	36.00	29,520,000	11,041.20	0.37
05-abr-97	893		20,540,000	120.00	25.00	30.00	23,700,000	8,444.00	0.36
18-abr-97	906		16,039,222	119.30	20.00	23.86	21,871,667	8,066.27	0.37
03-may-97	921		10,054,764	120.63	10.00	12.06	9,730,417	4,007.16	0.41
18-may-97	936		2,580,218	128.13	5.00	6.41	5,733,818	1,595.22	0.28
12-jun-97	961		8,889,825	118.00	5.00	5.90	4,336,500	2,019.57	0.47
10-jul-97	989		9,239,670	122.00	4.50	5.49	3,623,400	1,472.42	0.41
28-jul-97	1,007		18,138,960	122.00	4.50	5.49	3,239,100	1,306.89	0.40
12-dic-97	1,144		5,673,000	122.00	2.00	2.44	1,098,000	472.14	0.43
22-ago-98	1,397		-	-	-	-	-	-	0.30

En el segundo año, es decir, a los 731 días, la densidad del insecto se incrementó a 7.3 adultos, 1.7 larvas y 1.4 pupas/planta. En ese momento se tenía una población de 293,825,000 neoquetinos adultos; su efecto era notorio al haberse eliminado 26.5 ha de lirio. La planta redujo su número de hojas de 10 a 6.3/planta y, si bien aumentó de 29.2 a 48 plantas/m², disminuyó de 40.8 a 31.2 kg/m². El peso promedio se redujo a 0.70 kg/planta, que representa el 50% de la planta inicial. El deterioro de la planta era ya muy evidente; las marcas de las mordeduras de los insectos en el haz de la hoja eran de 169.6 marcas/hoja. Los tallos estaban afectados por la larva y la planta en general presentaba un proceso de decaimiento, ya que de las 46,603 toneladas iniciales, quedaban 28,140; es decir, se redujo un 40% la biomasa total del lirio (Gráfica 7).

A los 846 días de liberación abierta, la superficie del cuerpo de agua mantenía una infestación del 50%, y su impacto de control era ya irreversible. El peso promedio de cada lirio se había reducido 82%, respecto a su peso inicial (de 1.4 a 0.24 kg/lirio). La biomasa total del lirio en todo el cuerpo de agua era de sólo 11,001 toneladas, y ya se habían eliminado 35,602 toneladas.

En ese momento, la población de lirio había tenido un incremento sustancial al pasar de 29.2

a 76.3 planta/m², seguramente como una defensa del propio lirio ante el embate de los insectos.

A los 936 días la infestación de lirio había sido reducida al 5% del cuerpo de agua, y al día 1,144, último registro formal a sólo el 2% (2.44 ha), con una biomasa de 472 toneladas y una población de 1 millón de plantas de lirio (gráfica 8).

Así, en tres años y un mes, los neoquetinos eliminaron 111 ha de lirio (32 millones de lirios con un peso 46,000 toneladas), y el lirio, que al inicio ocupaba el 90% del espejo de agua, se redujo a sólo 2%, como lo muestran imágenes del dique Batamote en las Fotografía 26 y Fotografía 27.

Una vez liberados los insectos, se inicia un proceso de reproducción y propagación en el dique que pasa prácticamente desapercibido durante casi un año. Hasta los 325 días, aunque la densidad es aún menor a 1 insecto/planta (considerando los tres estadios), ya se logra detectar su presencia con las 73 marcas que deja la mordedura en el haz de la hoja. Después de los 456 días, ya se tiene 1.59 insectos/planta, y a partir de entonces, su población se incrementa en forma acelerada hasta alcanzar la densidad promedio de 10.4 insectos/planta a los 731 días, como lo muestra la Gráfica 8.

Se encuentran momentos y zonas con más de diez insectos adultos por planta, que se pueden considerar como situaciones extremas. Pero una

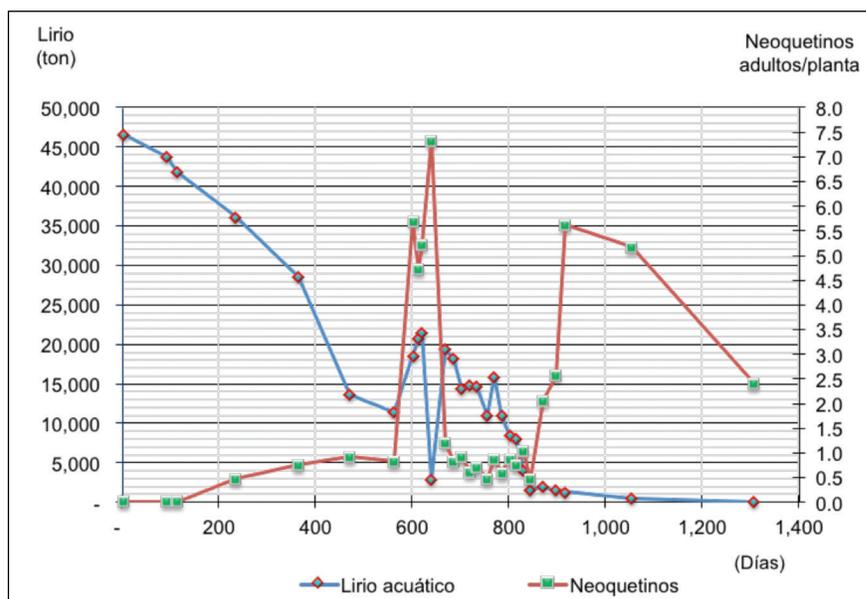


Fotografía 26. Antes de la liberación.

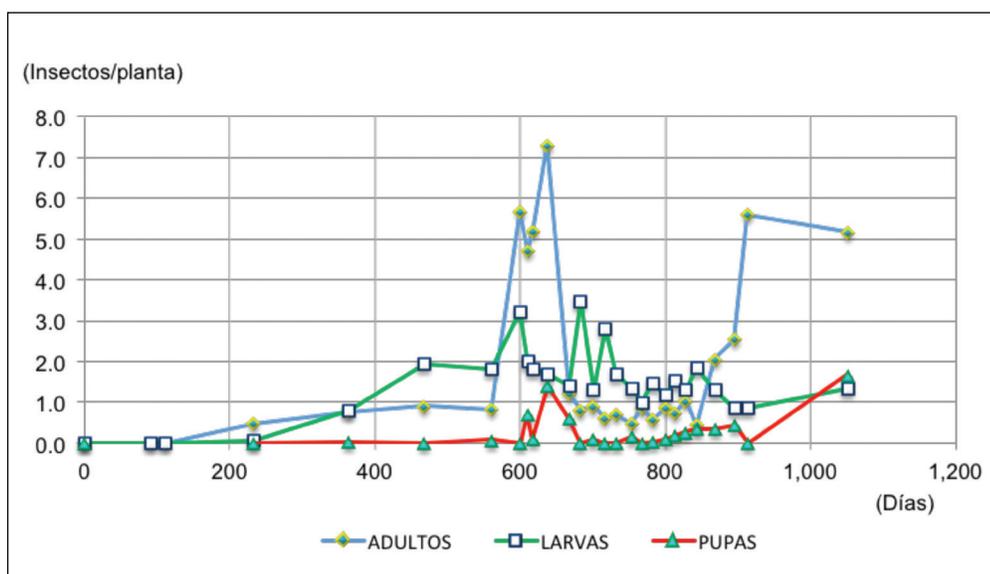


Fotografía 27. Resultado del control (1997).

Métodos y resultados



Gráfica 7. Reducción del lirio por los neoquetinos. Dique Batamote.



Gráfica 8. Evolución del crecimiento de los neoquetinos. Dique Batamote.

vez que alcanza esa densidad, la población del neoquetino pierde su crecimiento exponencial y empieza una fluctuación de la densidad entre 2 y 9 insectos/planta.

El primer año fue de propagación y el segundo, cuando la densidad llega a dos neoquetinos/planta, considerando adulto, larva y pupa, se inicia el

proceso de afectación de la población de lirio, lo que se torna más evidente a partir de los tres insectos/planta. A los 700 días existió un pequeño repunte de la población de lirio, que muy probablemente se deba a la operación del distrito que en épocas de riego exige un fuerte flujo de agua. Esta situación seguramente afectó el comportamiento de ambas

poblaciones, del lirio y del insecto. Sin embargo, es el momento en el que se alcanza la densidad máxima de 10.4 insectos/planta (7.3adultos/planta) y, posteriormente, desciende provocando una especie de equilibrio, quedando entre los 2 y 8 neoquetinos, en promedio, considerando sus tres estadios de desarrollo. De esta manera, se logra un control definitivo con una cobertura de sólo el 2% en el último registro formal.

Se hizo un seguimiento formal hasta el año 2000; posteriormente, se continuó de forma esporádica hasta 2003, observándose un total control del lirio. Después, personal de la UAS y los propios productores mantuvieron un seguimiento regular que ha permitido mantener este control hasta el actual 2013, lo cual ratifica que los neoquetinos mantienen su función de control de la maleza acuática. Ello posibilitó que en el distrito de riego hayan hecho un uso mínimo de otros métodos de control, aumentando de esta manera los beneficios económicos y funcionales, año con año.

4.1.6.2 Dique Hilda

Al inicio de las liberaciones de insectos, este dique tenía un espejo de agua de 11 ha, con una

infestación absoluta de toda su superficie, como lo muestra la Fotografía 28 (en promedio, había 50.5 plantas/m² y una densidad de 60.6 kg/m²). Una planta de lirio promedio pesaba 1.2 kg (Cuadro 16 y Cuadro 17).

En mayo de 1995 se liberaron 508 adultos distribuidos a lo largo de la cortina del dique. Se inició el proceso de control con una densidad promedio de 0.00009 insectos/planta de lirio.

En este dique no se llevó un registro periódico hasta los 450 días, en que se inició su seguimiento; sin embargo, se encontró un excelente desarrollo y distribución de la población, con una densidad promedio 2.95 insectos adultos, 2.95 larvas y 0 pupas por planta, lo que en promedio representaba 5.9 insectos/lirio. Su efecto de control fue evidente al reducirse la infestación a 9.74 ha; es decir, el 80% respecto al espejo de agua de ese momento, y el peso de la planta promedio se redujo a 0.79 kg/planta, lo que significaba un 34%.

En el segundo año, a los 732 días, las densidades del insecto eran de 1.9 adultos, 1.1 larvas y 0.3 pupas/planta. En ese momento, la población era de 10,899,246 neoquetinos adultos, por lo que su efecto fue notorio. El espejo de agua del embalse era de 12.43 ha y se encontraba infestado el 65%. La planta redujo su número de hojas de 12 a 6.8/



Fotografía 28. Infestación del dique Hilda.

planta, y aunque aumentó de 50.5 a 71 plantas/m², su peso disminuyó de 60.6 a 46.1 kg/m². El peso promedio se redujo a 0.65 kg/planta, lo que representaba el 54% de la planta inicial. El deterioro de la planta iba en aumento; las marcas de las mordidas de los insectos en el haz de la hoja eran de 60.20 marcas/hoja. Los tallos estaban afectados por la larva y la planta en general presentaba un proceso de decaimiento, por lo que las 6,666 toneladas iniciales disminuyeron a 3,729; es decir, se redujo un 55.9 por ciento.

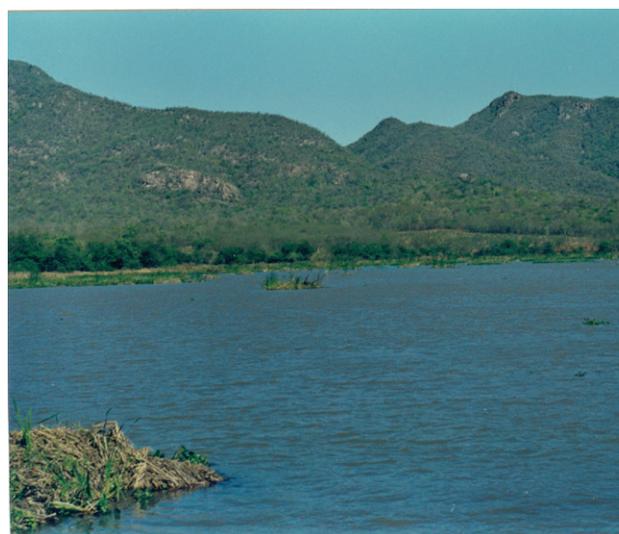
A los 884 días de liberación abierta, la superficie del cuerpo de agua mantenía una infestación del 60%, y su impacto de control era ya irreversible. El peso promedio de cada lirio se había reducido de 1.2 a 0.53 kg/lirio (55.8%). La biomasa total del lirio en todo el cuerpo de agua era de sólo 1,865 t. En ese momento, habían sido ya eliminadas 4,801 toneladas de lirio acuático.

Durante estos 884 días, a pesar de haber variaciones, se mantenía alrededor de 51 plantas/m², prácticamente igual que al inicio.

El 12 de diciembre de 1997, 940 días de la liberación de los insectos, fue el último registro completo e indicó que la superficie infestada había sido reducida a 1.2 ha; es decir, el 10% del espejo de agua del embalse. La altura de la tercera hoja era de 20.3 cm, a diferencia de los 44 cm iniciales; el número de hojas se redujo de 12 a 6.5/planta. El número de plantas disminuyó levemente de 50 a 42, pero su densidad se redujo 59.6%; pasó de 60.6 a 24.4 kg/m². El peso promedio de la planta de lirio pasó de 1.20 a 0.52 kilogramos.

La población de lirio continuó descendiendo, y en el último reporte con fecha 29 de diciembre de 1997, después de dos años siete meses (957 días), la superficie infestada se redujo a 0.18 ha, con sólo 84,600 plantas y un peso de 44 toneladas. En ese corto periodo de tiempo, los insectos eliminaron 5,470,400 plantas de lirio con un peso de 6,622 toneladas.

El lirio, en ese frágil equilibrio, tenía 35 cm de altura del peciolo de la tercera hoja; siete hojas/planta; 42 plantas/m²; y 24.4 kg/m². El peso de la planta promedio de lirio quedó por los 0.52 kg/planta. En esa mínima magnitud y con esas condiciones, el lirio era completamente inofensivo e imperceptible, dejando mostrar un dique completamente limpio, como se ilustra con la Fotografía 29.



Fotografía 29. El Dique Hilda libre de lirio.

Cuadro 16. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Hilda.

Fecha	Día	Neoquetinos				Lirio							
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)	Adultos	Larvas	Pupas	Hojas/planta (cantidad)	Pecíolo 3a hoja (cm)	Hoja (cm)		Plantas en hojas (cantidad)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Plantas (kg/m ²)
17-may-95	1	508	0.00009				44.00					50.50	60.60
09-ago-96	450		2.95	0.00	0.00	7.90	41.35	9.92	11.68	298.34	37.00	37.00	29.07
24-nov-96	557		1.90	0.00	0.00	5.80	34.00	7.70	9.95	116.10	50.50	50.50	22.77
09-dic-96	572		1.25	0.00	0.00	6.05	28.85	10.76	10.51	52.75	45.72	45.72	19.19
27-dic-96	590		0.80	0.00	0.00	7.50	29.80	9.95	9.30	66.80	52.50	52.50	22.31
12-ene-97	606		0.70	0.00	0.00	6.40	32.60	10.15	10.00	28.50	49.50	49.50	19.80
28-ene-97	622		0.40	0.00	0.00	5.95	17.20	10.20	7.55	23.60	104.00	104.00	41.60
17-feb-97	642		0.50	0.05	0.05	5.45	15.32	8.54	7.04	24.45	80.50	80.50	19.81
04-mar-97	657		0.65	0.00	0.00	6.80	19.85	9.30	7.87	25.45	56.50	56.50	25.42
19-mar-97	672		0.67	0.05	0.05	7.50	22.04	8.31	6.92	43.15	89.50	89.50	38.98
05-abr-97	689		1.70	0.05	0.10	6.30	18.45	7.95	6.40	44.35	93.00	93.00	32.78
18-abr-97	702		1.80	0.90	0.10	7.70	25.70	9.65	8.85	68.40	69.00	69.00	42.78
03-may-97	717		1.95	0.35	0.20	7.50	23.35	7.89	7.29	51.35	64.50	64.50	30.15
18-may-97	732		1.90	0.10	0.30	6.80	27.40	8.90	8.90	60.20	71.00	71.00	46.15
12-jun-97	757		2.45	3.00	0.90	5.75	34.33	10.30	10.20	83.10	68.00	68.00	37.50
10-jul-97	785		3.60	0.80	0.40	4.90	39.90	9.30	11.20	138.60	56.00	56.00	26.88
28-jul-97	803		6.95	1.00	0.00	5.65	42.20	9.33	11.50	190.75	56.50	56.50	26.18
13-ago-97	819		4.60	0.90	0.00	6.30	41.10	11.05	13.35	240.20	52.00	52.00	33.80
28-ago-97	834		4.80	1.70	0.00	6.30	39.90	10.35	12.10	207.70	54.00	54.00	31.32
11-sep-97	848		1.90	0.20	0.00	4.00	36.90	9.08	10.70	240.80	57.00	57.00	23.94
17-oct-97	884		7.00	1.90	0.40	6.60	37.70	10.10	11.05	197.20	51.00	51.00	27.03
11-nov-97	909		3.30	1.50	0.40	6.70	34.70	9.32	9.53	86.00	49.00	49.00	23.03
27-nov-97	925		3.60	1.80	0.20	6.10	26.70	9.41	9.87	94.00	47.00	47.00	24.44
12-dic-97	940		1.40	2.50	0.60	6.50	20.05	9.48	8.74	44.30	42.00	42.00	0.00
29-dic-97	957		1.50	1.50	0.60	7.00	35.00						

Cuadro 17. Proceso de control biológico de lirio acuático. Dique Hilda.

Fecha	Día	Insectos Adultos		Embalse					
		Liberados (cantidad)	Total (cantidad)	Superficie espejo de agua (ha)	Infestado (cobertura) (%)	(ha)	Plantas totales (cantidad)	Biomasa (ton)	Plantas (kg/planta)
17-may-95	1	508	508	11.00	100.00	11.00	5,555,000	6,666	1.20
09-ago-96	450		8,504,968	9.74	80.00	7.79	2,883,040	2,265	0.79
24-nov-96	557		8,328,460	12.40	70.00	8.68	4,383,400	1,976	0.45
09-dic-96	572		4,000,500	10.00	70.00	7.00	3,200,400	1,343	0.42
27-dic-96	590		3,116,400	10.60	70.00	7.42	3,895,500	1,655	0.42
12-ene-97	606		2,607,413	10.75	70.00	7.53	3,724,875	1,490	0.40
28-ene-97	622		3,130,400	10.75	70.00	7.53	7,826,000	3,130	0.40
17-feb-97	642		3,202,290	11.70	68.00	7.96	6,404,580	1,576	0.25
04-mar-97	657		2,971,787	11.90	68.00	8.09	4,571,980	2,057	0.45
19-mar-97	672		4,836,392	11.95	68.00	8.13	7,272,770	3,168	0.44
05-abr-97	689		12,537,330	12.20	65.00	7.93	7,374,900	2,599	0.35
18-abr-97	702		9,453,483	11.71	65.00	7.61	5,251,935	3,256	0.62
03-may-97	717		9,810,450	12.00	65.00	7.80	5,031,000	2,352	0.47
18-may-97	732		10,899,246	12.43	65.00	8.08	5,736,445	3,729	0.65
12-jun-97	757		8,849,400	10.75	65.00	6.99	4,751,500	2,620	0.55
10-jul-97	785		13,003,200	10.75	60.00	6.45	3,612,000	1,734	0.48
28-jul-97	803		25,327,538	10.75	60.00	6.45	3,644,250	1,688	0.46
13-ago-97	819		15,787,200	11.00	60.00	6.60	3,432,000	2,231	0.65
28-ago-97	834		17,107,200	11.00	60.00	6.60	3,564,000	2,067	0.58
11-sep-97	848		7,147,800	11.00	60.00	6.60	3,762,000	1,580	0.42
17-oct-97	884		24,633,000	11.50	60.00	6.90	3,519,000	1,865	0.53
11-nov-97	909		3,880,800	12.00	20.00	2.40	1,176,000	552.72	0.47
27-nov-97	925		4,060,800	12.00	20.00	2.40	1,128,000	586.56	0.52
12-dic-97	940		705,600	12.00	10.00	1.20	504,000	0	-
29-dic-97	957		#DIV/0!	12.00	1.50	0.18			

Aunque en este caso no se registró adecuadamente el comportamiento de los insectos en poco más de un año, la evolución posterior indica que sostener una densidad de más de dos insectos por planta permitió mantener bajo control al lirio acuático del dique, y que cuando hay de seis y diez insectos por planta, se logra reducir sustancialmente la cobertura de lirio para, posteriormente, mantenerla bajo ese esquema de control biológico (Gráfica 9).

Así, de 1997 hasta 2000, que duró formalmente el programa, se logró mantener el dique completamente libre de problema de lirio.

Lo impresionante y valioso de esta experiencia es que desde entonces hasta la fecha, 2013, el control se ha mantenido aumentando, así los grandes beneficios de aplicar el método biológico.

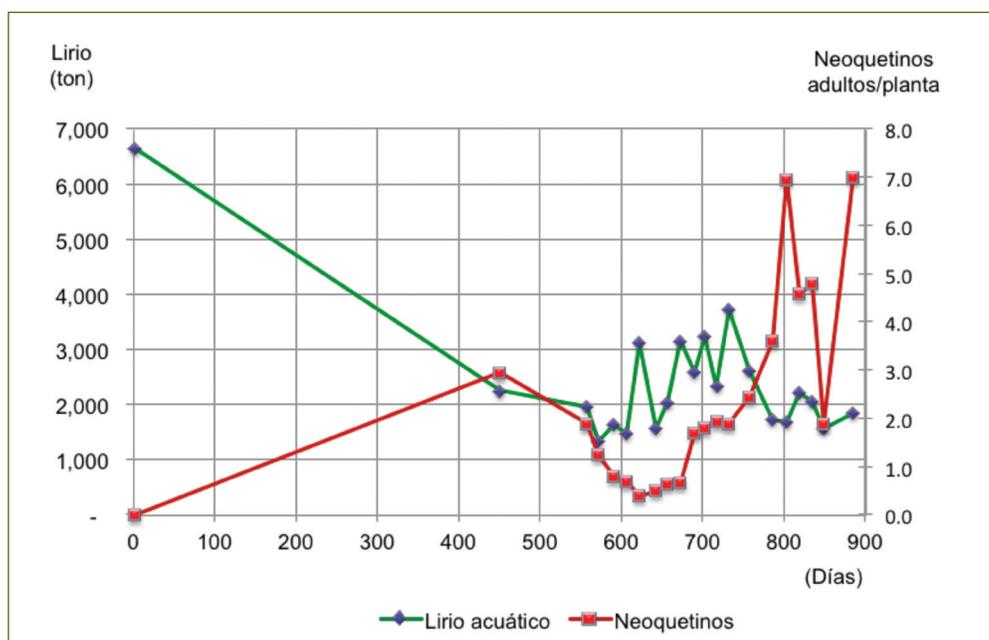
4.1.6.3 Dique Mariquita

Este dique se pretendió manejar igual como se hizo en todo el sistema; sin embargo, por decisiones del propio distrito se procedió de otra manera, por

lo que su desarrollo se analiza por separado. El embalse tiene una superficie de 450 ha, y antes de liberar a los insectos presentaba una infestación de 353 ha de lirio, que representaba el 78.44%; una densidad de 15.63 kg/m² y una biomasa total de 55,174 toneladas. Existían 38.13 plantas/m²; es decir, había 134.5 millones de plantas de lirio (Fotografía 30).

En estas difíciles condiciones, en mayo de 1995 se hicieron las primeras liberaciones abiertas de 1,726 neoquetinos en tres sitios estratégicos (cuadro 13) para asegurar su supervivencia y adecuada distribución. A los 357 días, las condiciones prácticamente no habían cambiado, y con el fin de asegurar la presencia de los insectos se liberaron 1,000 organismos más.

Como estrategia de seguimiento de las poblaciones de insectos y lirio, se había seleccionado el dique Batamote; sin embargo, después se vio la necesidad de dar seguimiento a los demás diques. Éste no fue tan preciso por la cobertura del lirio, pero su aproximación en ciertas fechas permite una inferencia sobre todo el proceso.



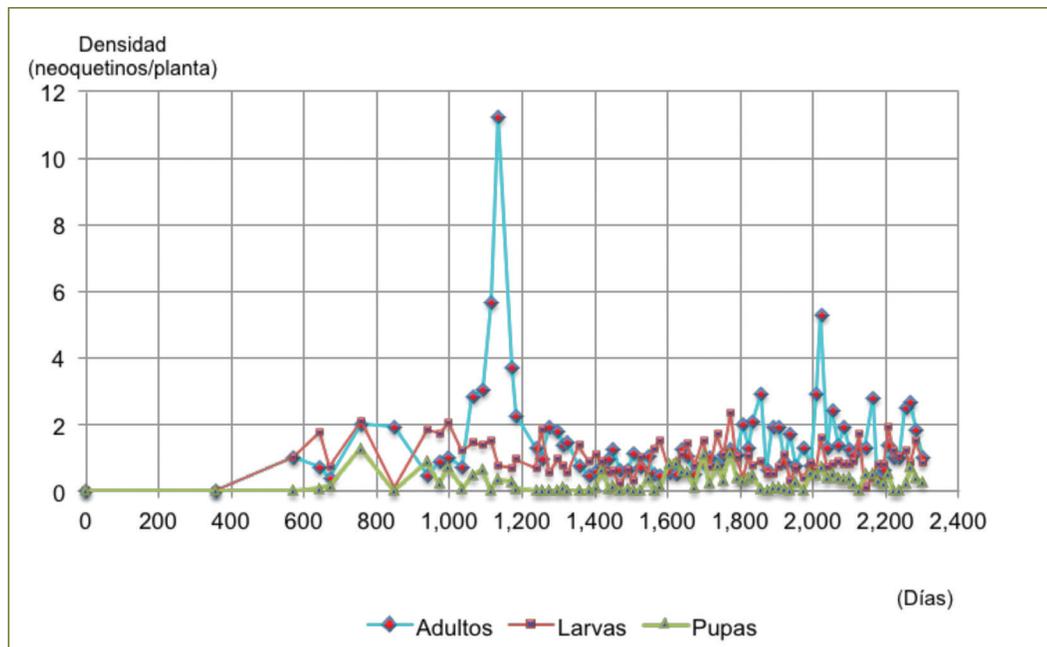
Gráfica 9. Reducción del lirio por los neoquetinos. Dique Hilda.



Fotografía 30. Panorama del dique Mariquita antes del programa (1993).

La segunda liberación de insectos, analizada en el presente, se considera que fue innecesaria porque los neoquetinos estaban presentes en todo el dique. A los 672 días, un año diez meses después de la liberación de los insectos, se registraron 1.27 neoquetinos/planta (se incluyeron todos sus estadios 0.4 adulto, 0.73 larvas y 0 pupas). En ese momento ya se manifestaba claramente un efecto de control en el lirio con las 41 marcas de la mordedura del neoquetino en la tercera hoja, posibilitando la entrada de hongos y virus. El daño

que se causó a la planta provocó que poco a poco fuera disminuyendo la población. El día 1,064, es decir, a dos años y 11 meses, se registraron 70 ha, que representaban sólo el 15.6% del cuerpo de agua, y la mayor población de insectos adultos, que fue de 146 millones. En el día 1,115; es decir, 50 días después, se registró la presencia de la mayor densidad registrada: 11.23 insectos adultos/planta, 0.77 larvas y 0.33 pupas/lirio, dando una densidad total de 12.33 insectos/planta. La infestación de lirio continuó disminuyendo, aunque en un periodo



Gráfica 10. Evolución del crecimiento de los neoquetinos. Dique Mariquita.

grande de tiempo no mostró mayores cambios. A los 2,144 días se registró la menor infestación, con sólo 15 ha de lirio; es decir, 3.33% del cuerpo de agua; sólo había 6.30 millones de plantas de lirio con un peso de 3,213 toneladas. En ese momento, el insecto había eliminado 128.28 millones de

plantas de lirio con un peso de 102,687 toneladas. La Gráfica 10 muestra la evolución del crecimiento de los insectos en sus tres estadios en el dique Mariquita; la Fotografía 31 ilustra la imagen del dique Mariquita en 1993 y cuatro años después; y los cuadros 18 y 19 indican los registros numéricos.



Fotografía 31. Antes (1993) y después (1997) del control biológico. Dique Mariquita.

Cuadro 18. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Mariquita.

Fecha	Día	Neoquetinos				Lirio						
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)		Hojas/planta (cantidad)	Pecíolo3a hoja (cm)	Hoja (cm)		Marcas en hojas (cantidad)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Peso de plantas (kg/m ²)	
			Adultos	Larvas			Pupas	Ancho				Largo
17-may-95	1	1,726	0.00	0.00	0.00	44.00						30.00
08-may-96	357	1,000	0.00	0.00	0.00	69.00						30.00
09-dic-96	572		1.00	1.00	0.00	31.90	10.83	10.83	28.00		38.13	15.63
17-feb-97	642		0.70	1.77	0.07	28.92	9.66	8.87	30.63		52.00	30.00
19-mar-97	672		0.40	0.73	0.13	23.32	8.74	7.58	41.73		69.67	19.57
12-jun-97	757		2.00	2.10	1.25	33.75	9.60	10.03	62.80		54.50	34.06
11-sep-97	848		1.90	0.10	0.00	36.52	8.13	10.22	228.80		63.00	28.98
12-dic-97	940		0.47	1.83	0.87	36.13	9.34	11.60	54.97		37.67	0.00
15-ene-98	974		0.87	1.73	0.20	29.27	10.74	10.62	33.77		47.67	25.18
07-feb-98	997		1.00	2.05	0.70	29.20	10.43	9.38	32.20		54.00	24.21
18-mar-98	1,036		0.70	1.20	0.05	17.90	7.79	6.50	42.50		89.50	30.07
15-abr-98	1,064		2.85	1.45	0.45	31.40	8.46	8.56	64.80		73.00	45.56
13-may-98	1,092		3.03	1.40	0.63	31.63	8.66	9.08	157.87		51.33	28.55
05-jun-98	1,115		5.67	1.50	0.00	34.00	8.87	9.87	112.13		40.67	27.62
24-jun-98	1,134		11.23	0.77	0.33	31.63	9.40	10.53	138.90		44.00	29.91
01-ago-98	1,172		3.70	0.67	0.27	44.03	9.43	11.27	224.93		47.67	36.21
14-ago-98	1,185		2.25	0.95	0.05	48.80	9.45	11.50	239.95		54.00	34.32
07-oct-98	1,239		1.30	0.67	0.00	38.23	8.67	10.43	119.90		47.00	24.85
22-oct-98	1,254		0.97	1.83	0.00	52.47	10.90	12.97	96.67		35.67	22.98
11-nov-98	1,274		1.90	0.55	0.00	48.65	11.85	13.50	116.70		43.00	24.14
05-dic-98	1,298		1.80	0.95	0.00	56.60	11.50	14.25	80.50		39.00	30.19
21-dic-98	1,314		1.40	0.75	0.10	43.80	10.75	11.80	72.75		41.00	27.77
01-ene-99	1,325		1.47	0.53	0.00	35.10	12.02	12.72	74.10		35.67	27.92
02-feb-99	1,357		0.77	1.37	0.00	30.97	11.12	10.57	45.30		50.33	23.07
03-mar-99	1,386		0.47	0.87	0.00	15.13	8.93	7.10	28.00		38.33	13.70
19-mar-99	1,402		0.60	1.10	0.10	19.90	9.80	7.23	20.10		42.00	13.44
06-abr-99	1,420		0.70	0.87	0.63	25.91	8.90	8.06	45.10		57.33	29.81
23-abr-99	1,437		0.97	0.53	0.07	18.27	7.60	6.83	41.90		66.33	20.60

Cuadro 18. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Mariquita, (continuación).

Fecha	Día	Neoquetinos				Lirio						
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)		Hojas/planta (cantidad)	Pecíolo3a hoja (cm)	Hoja (cm)		Marcas en hojas (cantidad)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Peso de plantas (kg/m ²)	
			Adultos	Larvas			Pupas	Ancho				Largo
07-may-99	1,451		1.27	0.60	0.13	6.57	29.77	7.67	8.31	56.63	66.67	34.20
26-may-99	1,470		0.65	0.20	0.00	6.40	15.87	8.21	7.55	69.50	70.00	20.26
16-jun-99	1,491		0.65	0.65	0.05	5.90	26.50	9.35	9.68	47.15	102.50	28.18
03-jul-99	1,508		1.15	0.30	0.00	6.75	28.19	10.27	10.75	89.20	93.50	31.16
20-jul-99	1,525		0.70	1.00	0.00	6.70	28.78	10.10	10.48	74.60	62.00	17.98
11-ago-99	1,547		1.05	0.50	0.40	5.30	48.85	8.38	11.36	182.80	50.50	23.14
26-ago-99	1,562		0.50	1.25	0.00	5.90	37.28	10.38	10.27	66.10	113.50	55.78
13-sep-99	1,580		0.45	1.50	0.15	6.85	48.99	10.46	11.97	68.80	54.50	23.10
07-oct-99	1,604		0.55	0.70	0.80	6.50	43.63	10.38	11.66	71.50	56.00	25.40
26-oct-99	1,623		0.50	0.85	0.85	4.90	31.80	7.70	8.84	31.45	75.50	13.58
11-nov-99	1,639		1.25	1.10	0.60	7.25	41.91	11.18	12.86	48.45	44.00	27.60
25-nov-99	1,653		1.07	1.43	0.57	7.30	34.63	11.09	10.93	49.40	46.33	16.50
15-dic-99	1,673		0.50	0.75	0.10	7.05	36.91	12.92	12.61	70.30	48.00	23.52
10-ene-00	1,699		0.85	1.50	1.10	7.65	48.70	13.03	14.18	36.75	37.00	25.80
27-ene-00	1,716		1.00	0.70	0.20	7.20	36.35	12.49	12.50	19.90	49.00	29.40
17-feb-00	1,737		0.80	1.70	0.75	6.85	30.35	9.17	8.28	28.80	42.50	21.99
04-mar-00	1,753		1.10	1.10	0.30	6.55	32.51	10.16	10.88	48.50	45.00	20.67
24-mar-00	1,773		1.25	2.35	1.15	7.45	38.55	10.82	10.88	33.70	62.00	32.65
10-abr-00	1,790		1.10	1.00	0.40	6.75	34.76	10.06	10.88	39.40	49.50	25.65
28-abr-00	1,808		2.00	0.40	0.30	7.65	29.75	8.63	8.85	63.10	51.50	22.11
12-may-00	1,822		1.30	1.05	0.40	6.70	31.68	8.98	10.20	59.20	61.50	31.72
24-may-00	1,834		2.10	0.75	0.45	5.60	33.15	8.39	9.40	99.65	70.00	34.54
16-jun-00	1,857		2.90	0.90	0.05	4.65	43.13	10.15	11.82	82.70	61.50	31.49
03-jul-00	1,874		0.65	0.50	0.00	4.70	29.98	9.13	10.18	85.10	69.50	34.21
18-jul-00	1,889		1.90	0.50	0.10	6.05	42.73	10.95	12.40	127.20	50.00	24.86
04-ago-00	1,906		1.90	0.70	0.10	5.65	39.30	10.94	11.76	76.55	52.50	25.07
20-ago-00	1,922		0.90	1.10	0.05	6.00	50.55	11.15	12.90	78.65	37.50	24.82

Cuadro 18. Registros del lirio acuático e insectos. Dique Mariquita, (continuación).

Fecha	Día	Neoquetinos			Lirio							
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)		Hojas/planta (cantidad)	Pecíolo3a hoja (cm)	Hoja (cm)		Marcas en hojas (cantidad)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Peso de plantas (kg/m ²)	
			Adultos	Larvas			Pupas	Ancho				Largo
05-sep-00	1,938		1.70	0.30	0.00	6.50	44.73	9.58	11.73	114.30	60.50	23.51
20-sep-00	1,953		0.74	0.68	0.27	5.98	50.84	9.95	11.77	100.96	44.00	20.00
11-oct-00	1,974		1.30	0.40	0.00	6.35	55.25	9.13	12.08	59.65	55.00	28.14
01-nov-00	1,995		0.77	0.85	0.55	6.85	59.45	10.05	13.13	75.60	40.00	34.28
16-nov-00	2,010		2.90	0.65	0.45	7.35	58.65	12.65	14.65	114.05	39.50	43.99
28-nov-00	2,022		5.30	1.60	0.70	5.00	46.50	10.70	12.90	205.00	30.00	22.23
14-dic-00	2,038		1.30	0.70	0.40	6.40	48.30	10.33	12.40	109.00	46.50	27.98
29-dic-00	2,053		2.40	0.80	0.50	6.10	45.20	10.70	12.80	94.00	50.00	25.00
15-ene-01	2,070		1.40	0.90	0.40	6.40	39.55	11.58	12.90	63.60	50.00	25.00
30-ene-01	2,085		1.90	0.80	0.35	6.40	35.45	10.10	10.73	82.60	35.00	26.13
13-feb-01	2,099		1.25	0.80	0.40	6.25	37.90	9.23	11.16	65.20	50.00	25.00
26-feb-01	2,112		1.10	0.90	0.20	6.35	26.90	9.58	7.95	40.30	42.00	12.84
12-mar-01	2,126		1.30	1.70	0.00	6.40	33.00	10.30	10.20	38.00	35.00	16.58
30-mar-01	2,144		1.30	0.10	0.50	6.70	26.90	9.30	8.15	30.40	42.00	21.42
19-abr-01	2,164		2.80	0.40	0.50	8.00	42.10	9.60	9.65	82.80	49.00	27.69
03-may-01	2,178		0.40	0.80	0.30	7.10	36.20	8.85	8.95	50.10	42.00	23.52
19-may-01	2,194		0.65	0.80	0.20	7.90	40.65	9.58	10.35	87.75	41.00	26.23
02-jun-01	2,208		1.40	1.90	0.50	6.70	45.50	8.95	10.90	62.10	34.00	20.64
16-jun-01	2,222		1.00	1.20	0.00	6.30	43.95	11.15	12.40	106.30	38.00	20.37
01-jul-01	2,237		1.00	1.05	0.00	6.40	45.85	8.55	10.63	78.15	36.00	17.21
18-jul-01	2,254		2.50	1.20	0.20	3.80	46.65	9.15	11.60	142.90	33.00	22.84
02-ago-01	2,269		2.65	0.85	0.70	5.60	49.95	8.87	11.78	177.10	41.00	29.66
17-ago-01	2,284		1.85	1.50	0.40	4.60	48.70	8.50	11.15	185.30	40.00	19.65
03-sep-01	2,301		1.00	0.85	0.25	5.35	39.35	8.68	10.00	97.65	47.50	17.94

Cuadro 19. Proceso de control biológico de lirio acuático. Dique Mariquita.

Cuadro 19. Proceso de control biológico de lirio acuático. Dique Mariquita.

Fecha	Día	Insectos Adultos		Embalse					
		Liberados (cantidad)	Total (cantidad)	Superficie del cuerpo de agua (ha)	Infestado (Cobertura) (%)	(ha)	Plantas totales (cantidad)	Biomasa (ton)	Plantas (kg/planta)
17-may-95	1	1726	1,726	450	78.44	353	134,581,250	105,900	0.79
08-may-96	357	1000			74.44	335	127,718,750	100,500	0.79
19-mar-97	672		87,782,787		70.00	315	219,456,967	61,658	0.28
15-abr-98	1,064		146,051,100		15.60	70	51,246,000	31,983	0.62
02-feb-99	1,357		17,365,000		10.00	45	22,650,000	10,383	0.46
17-feb-00	1,737		15,300,000		10.00	45	19,125,000	9,896	0.52
30-mar-01	2,144		8,190,000		3.33	15	6,300,000	3,213	0.51

En este dique, el más grande del sistema, también se logró un control completo del lirio durante varios años continuos, de 1997 a 2000.

Control mecánico en el dique Mariquita

A partir de 2001 no hubo recursos económicos para continuar con el programa por parte de la Conagua. Desafortunadamente, coincidió con un repunte de lirio un tanto extraño que ya no fue evaluado por el IMTA. El distrito y la Conagua, a través de personal de Agua Limpia, promovió y financió la trituración del lirio con equipo de trituración (“Retador” de la empresa Sore), y sus resultados fueron evidentes y contundentes. Redujeron la biomasa del lirio en un lapso breve, como era de esperarse, pero desafortunadamente también redujeron la población de los insectos que mantenían un control biológico (Fotografía 32, Fotografía 33 y Fotografía 34).

Este control mecánico autorizado por el distrito, afectó negativamente el control biológico puesto en marcha, y ya no permitió obtener la dinámica de población de los insectos que se esperaba obtener, tal como estaba sucediendo en los demás cuerpos de agua. No benefició al control biológico la reducción del lirio a través de este procedimiento. La Fotografía 35 muestra un panorama del dique Mariquita con las plantas de lirio trituradas y en proceso de hundimiento

y descomposición, que conlleva también a la muerte de una buena cantidad de peces por falta de oxígeno. La Fotografía 36 ilustra peces muertos junto a lirio triturado.

No obstante, como producto de la disminución de esta maleza, se pudo evaluar la interacción entre el control mecánico con el biológico cuando se privilegia el mecánico. Ambos procedimientos pueden coexistir, siempre que todo tipo de control esté en función del desarrollo del insecto. No debe impedirse el crecimiento de la población del insecto, de lo contrario, interrumpe drásticamente su papel como agente de control biológico por un largo tiempo, o de manera definitiva, si se continúan aplicando sistemáticamente otros métodos de control en tales circunstancias.

Esta experiencia corroboró la hipótesis de que al eliminar el lirio y, por lo tanto, a los neoquetinos, implica a corto o mediano plazos una reinfestación de la maleza acuática, lo cual se ha visto reiteradamente en el dique Mariquita. Así, en agosto de 2013, la infestación de este dique representa nuevamente un severo problema para los productores del Distrito de Riego 010, así como para las cooperativas de pescadores de la zona.

4.1.6.4 Presa Adolfo López Mateos (El Varejonal)

El área de embalse a nivel operación de esta presa es de 10,041 ha. Al inicio de las liberaciones de



Fotografía 32. Lirio triturado.



Fotografía 33. Anuncio del programa de trituración.



Fotografía 34. Proceso de trituración



Fotografía 35. Lirio triturado



Fotografía 36. Peces muertos.

insectos presentaba una infestación de alrededor 1,300 ha; es decir, del 12.9%, la cual, en promedio, ha prevalecido por más de una década. La proporción es baja si se contempla todo el cuerpo de agua, pero es muy importante por lo dañina, dado que se acumula en la cortina donde se ubica el bombeo y en las playitas que forman los desembarques de las lanchas de pescadores. Bajo esas condiciones, resulta sumamente difícil dedicarse a la pesca, de la que se sostiene una parte importante de la población aledaña. Asimismo, dificulta la operación y distribución del agua al distrito de riego y la generación de energía que de allí se alimenta (Fotografía 37).

Partiendo de la consideración anterior, en 1995 se inició la liberación de insectos. Entonces

existían, en promedio, 50.5 plantas/m² con un peso de 20 kg. Una planta de lirio promedio pesaba 0.39 kg y había 594 millones de lirio con un peso de 231,720 toneladas (cuadros 20 y 21).

En este cuerpo de agua el lirio presentó condiciones peculiares porque a diferencia de los diques, que tienen poco espacio y la mayor parte del tiempo el lirio permanece compactado y confinado, en la presa sí pueden desprenderse desplazarse con el movimiento del agua, de manera que su densidad fluctúa entre 20 y 30 kg/m².

En septiembre de 1995 se liberaron 2,526 neoquetinos adultos que se distribuyeron en seis sitios estratégicos, procurando las mejores condiciones para el insecto. Se inició el proceso



Fotografía 37. Problema del lirio antes del programa. Presa Adolfo López Matos.



Fotografía 38. Control biológico del lirio. Presa Adolfo López Mateos (1998).

de control con una densidad promedio de 0.0000034 insectos/planta de lirio; es decir, en ese momento a un neoquetino le correspondía controlar alrededor de 257,324 lirios, lo cual es una correspondencia inconmensurable.

Por la gran dimensión de la superficie de la presa y por las diferentes condiciones presentes a lo largo y ancho de la misma, los muestreos realizados fueron insuficientes, pero proporcionaron los indicadores que mostraron lo que ocurría con las poblaciones de lirio y del insecto.

Después de un año, los muestreos no indicaron ninguna evidencia de los insectos. Por tanto, el 11 de agosto de 1996 se realizó una nueva liberación de 3,250 adultos. El proceso de reproducción y propagación se iba gestando en forma desapercibida, como había sucedido en los diques. Ahora, se concluye que esta liberación fue innecesaria porque ya había una cantidad importante de insectos que circunstancialmente no se detectaron mediante los muestreos realizados.

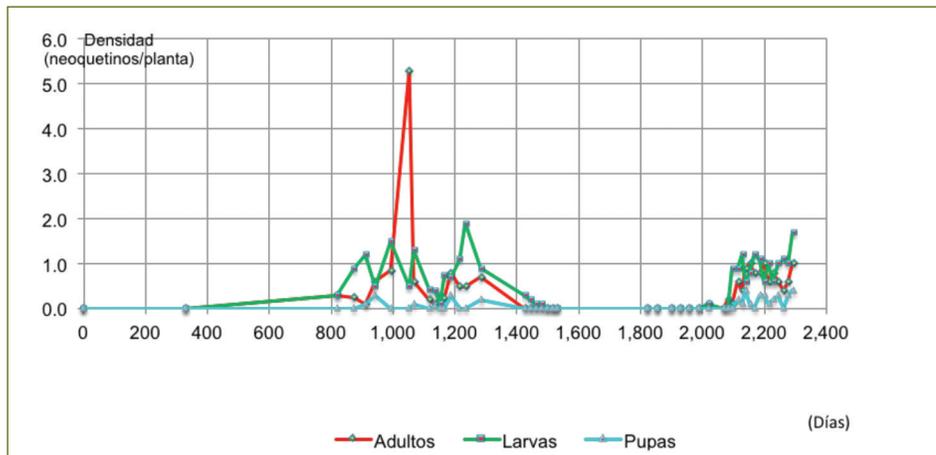
El muestreo del 13 de diciembre de 1997, a los 820 días (dos años y tres meses), arrojó 0.6 insectos/planta, la mitad de la población era adulta y la restante era de larvas, efecto del control importante que ya había eliminado poco más de la mitad de la infestación de lirio que había al inicio. Faltaba reducir las seiscientas ha restantes. Tras ese resultado fue muy satisfactorio registrar el primer insecto durante los muestreos. En ese momento, seguramente la densidad promedio ya fluctuaba en más de un insecto/planta; sin embargo, en los muestreos aparece registrado ese promedio de 1.5 hasta los 876 días. La máxima densidad fue de 5.8

insectos, ocurrida a los 1,054 días (dos años y diez meses), y de los cuales 5.3 organismos eran adultos, lo que se refleja en las 148 marcas de su mordedura en la tercera hoja de lirio. A los pocos días, se realizó el siguiente muestreo y se encontraron dos neoquetinos/lirio, y fue el registro de mayor control, ya que sólo quedaban 10 ha de lirio (2.8 millones de planta con un peso de 1,900 toneladas).

Así, a los casi tres años, la población de neoquetinos ya había eliminado 591.2 millones de planta con un peso de 229,760 toneladas. Este resultado fue por demás sorprendente (Fotografía 38).

Después de este exitoso control del lirio, la presa se mantuvo prácticamente libre de esta maleza. Además, se continuó con un seguimiento adecuado del proceso de control hasta el año 2000. No obstante, la dinámica de la presa es muy fluctuante y tiene números brazos y fuentes de aportación de lirio aguas arriba de la presa, que en cualquier momento pueden ocasionar reinfestaciones importantes.

La Gráfica 11 muestra que en la mayoría de los muestreos posteriores al registro de mayor densidad de insectos por lirio, la densidad encontrada fue nula o menor de dos insectos/lirio, lo cual no concuerda con lo observado en los diques. Lo anterior puede significar que los muestreos no fueron realizados correctamente o que los sitios de muestreos fueron muy inestables respecto a la población presente; es decir, que el lirio muestreado siempre tuvo poblaciones muy diferentes debido a los constantes movimientos y flujos del agua, y no se lograron muestreos acertados.



Gráfica 11. Crecimiento de los neoquetinos. Presa Adolfo López Mateos.

Cuadro 20. Registros del lirio acuático e insectos. Presa Adolfo López Mateos

Fecha	Día	Neoquetinos						Lirio					
		Insectos liberados (cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)			Hojas/planta Ancho hoja (cantidad)	Pecíolo 3a hoja Largo hoja (cm)	Hoja (cm)		Mordeduras 3a hoja (cantidad)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Peso de plantas (kg/m ²)	Densidad total de insectos cantidad/planta
			Adultos	Larvas	Pupas			(cm)	(cm)				
15-sep-95	1	2,526	0.00	0.00	0.00							0.00	
11-ago-96	331	3,250	0.00	0.00	0.00							0.00	
13-dic-97	820	0.30	0.30	0.00	0.00			16.13				0.60	
07-feb-98	876	0.25	0.90	0.00	0.00	7.45	33.05	9.35	9.98	6.05	49.50	19.31	
17-mar-98	914	0.10	1.20	0.10	0.10	8.50	27.35	8.30	7.84	4.30	57.00	34.20	
15-abr-98	943	0.60	0.50	0.30	0.30	7.60	19.00	7.39	6.99	20.00	64.00	42.24	
05-jun-98	994	0.85	1.50	0.00	0.00	8.00	25.60	7.30	8.70	44.80	47.00	37.60	
04-ago-98	1,054	5.30	0.50	0.00	0.00	6.50	27.10	10.65	10.50	148.80	45.00	27.00	
20-ago-98	1,070	0.60	1.30	0.10	0.10	4.60	45.70	8.70	11.10	45.40	28.00	19.60	
08-oct-98	1,119	0.20	0.43	0.00	0.00	6.07	27.50	9.47	10.47	30.60	43.33	16.06	
28-oct-98	1,139	0.10	0.40	0.05	0.05	6.55	23.10	8.35	9.25	19.95	58.00	14.79	
12-nov-98	1,154	0.30	0.10	0.00	0.00	8.90	23.00	9.40	10.90	10.30	41.00	15.58	
25-nov-98	1,167	0.23	0.73	0.00	0.00	8.03	37.03	10.70	12.53	9.13	46.67	21.47	
17-dic-98	1,189	0.80	0.70	0.30	0.30	6.90	33.40	10.30	11.80	22.80	54.00	23.76	
14-ene-99	1,217	0.50	1.10	0.00	0.00	7.00	6.75	7.57	5.50	7.10	66.00	13.20	
02-feb-99	1,236	0.50	1.90	0.00	0.00	4.40	6.35	7.60	5.20	14.70	35.00	7.70	
25-mar-99	1,287	0.70	0.90	0.20	0.20	5.80	7.90	7.90	5.30	23.40	49.00	9.80	
13-ago-99	1,428	0.00	0.30	0.00	0.00	9.30	8.95	5.74	5.14	1.00	53.00	5.30	
31-ago-99	1,446	0.00	0.20	0.00	0.00	9.50	15.10	8.39	7.84	1.90	58.00	17.40	
17-sep-99	1,463	0.00	0.10	0.00	0.00	5.70	13.15	7.20	7.45	0.50	76.00	9.12	
07-oct-99	1,483	0.00	0.10	0.00	0.00	8.50	16.34	7.43	7.91	0.00	53.00	10.60	
26-oct-99	1,502	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	17.05	7.38	8.03	0.00	97.00	17.46	
11-nov-99	1,518	0.00	0.00	0.00	0.00	7.30	23.90	8.49	8.77	0.10	88.00	26.40	
25-nov-99	1,532	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	21.75	9.37	9.10	3.80	62.00	18.60	
12-sep-00	1,824	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	22.75	8.10	9.25	0.00	76.00	15.81	
14-oct-00	1,856	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	39.80	7.90	10.85	0.00	60.00	25.08	
28-nov-00	1,901	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	25.45	9.15	9.65	0.00	42.00	16.04	
29-dic-00	1,932	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	22.50	10.00	9.05	0.00	45.00	18.00	
24-ene-01	1,958	0.00	0.00	0.00	0.00	8.80	38.80	10.80	11.80	7.30	44.00	34.45	
26-feb-01	1,991	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	22.40	10.05	8.60	7.30	46.00	19.87	
30-mar-01	2,023	0.10	0.10	0.00	0.00	8.50	34.70	8.70	9.60	3.50	68.00	42.84	

Cuadro 20. Registros del lirio acuático e insectos. Presa Adolfo López Mateos, (continuación).

Fecha	Día	Insectos liberados			Neoquetinos			Lirio					Peso de plantas (kg/m ²)	Densidad de plantas (plantas/m ²)	Mordeduras 3a hoja (cantidad)	Hoja (cm)	Pecíolo 3a hoja Largo hoja (cm)	Densidad total de insectos cantidad/planta
		(cantidad)	Adultos	Larvas	Pupas	Hojas/planta Ancho hoja (cantidad)	Hoja (cm)	Hoja (cm)	(cm)	(cm)	(cantidad)	(cm)						
18-may-01	2,072		0.00	0.00	0.00	8.40	31.20	8.15	9.65	6.00	53.50	31.83	0.00					
01-jun-01	2,086		0.20	0.00	0.00	7.50	23.85	7.25	8.10	7.00	46.00	21.16	0.20					
16-jun-01	2,101		0.10	0.90	0.00	7.80	40.60	8.05	10.40	8.60	48.00	34.70	1.00					
02-jul-01	2,117		0.60	0.90	0.20	7.00	40.35	8.09	9.85	20.10	46.00	33.76	1.70					
18-jul-01	2,133		0.40	1.20	0.10	5.70	34.20	8.26	10.94	32.30	40.50	31.79	1.70					
28-jul-01	2,143		0.90	0.60	0.40	6.50	50.55	10.92	13.19	40.90	43.00	28.51	1.90					
11-ago-01	2,157		1.00	0.80	0.10	6.60	51.58	11.02	13.44	44.30	43.00	24.34	1.90					
26-ago-01	2,172		0.80	1.20	0.00	6.80	48.42	10.95	12.74	35.20	46.00	29.21	2.00					
11-sep-01	2,188		0.80	1.10	0.30	6.30	45.72	11.30	12.65	33.60		0.00	2.20					
26-sep-01	2,203		1.00	0.60	0.30	6.50	41.46	10.45	11.99	27.80		0.00	1.90					
10-oct-01	2,217		0.60	1.00	0.10	5.90	53.00	10.50	12.65	19.40		0.00	1.70					
25-oct-01	2,232		0.80	0.60	0.20	6.00	44.73	10.35	12.18	24.40		0.00	1.60					
10-nov-01	2,248		0.60	1.00	0.30	6.40	50.52	8.85	10.85	45.60		0.00	1.90					
27-nov-01	2,265	5,776	0.40	1.10	0.00	6.40	39.90	9.45	11.00	67.30		0.00	1.50					
12-dic-01	2,280		0.60	1.00	0.30	6.40	50.52	8.85	10.85	45.60		0.00	1.90					
27-dic-01	2,295		1.00	1.70	0.40	5.20	32.10	10.35	10.95	29.90		0.00	3.10					

Cuadro 21. Proceso de control biológico de lirio acuático. P.Adolfo López Mateos.

Fecha	Día	Insectos Adultos			Embalse				
		Liberados (cantidad)	Total (cantidad)	Superficie espejo de agua (ha)	Infestado (cobertura) (%)	Infestado (cobertura) (ha)	Plantas totales (cantidad)	Biomasa (ton)	Plantas (kg/planta)
15-Sep-95	1	2,526	2,526	10,041	12.95	1300	643,500,000		
11-Ago-96	331	3,250	3,250		11.95	1200	594,000,000	231,720	19.31
13-Dic-97	820		89,100,000		5.98	600	297,000,000	115,860	
04-Ago-98	1,054				0.10	10	4,500,000	2,700	27.00
13-Ago-99	1,428				0.35	35.00	18,550,000	1,855	5.30
12-Sep-00	1,824				0.35	35.00	26,600,000	5,533	15.81
18-May-01	2,072				4.43	445.00	238,075,000	141,655	31.83
27-Nov-01	2,265	5,776							0.00

Las grandes dimensiones del espejo de agua de la presa de más de 10,000 ha, y la fuerte infestación de lirio inicial de 1,300 ha, representó un gran reto que permitió validar con toda claridad este método de control.

Desde 1997, se manifestó el control y se mantuvo hasta el 2000 completamente libre de lirio; es decir, también en forma continua por varios años.

Si el seguimiento no es oportuno y adecuado a este proceso de control biológico se corre el riesgo de que se pierda el lirio por sequía y mueran los insectos, de manera que cuando vuelve a aparecer por semilla o por acarreo de lirio provenientes aguas arriba de la presa, se presentan reinfestaciones, como las ocurridas en 2001 y 2005. En estos casos, las oportunas liberaciones de insectos realizadas por los compañeros de la UAS, que han sido parte importante del trabajo interinstitucional que se conformó en la década de 1990, ha permitido que el control biológico se siga manifestando y haya permitido mantener bajo control al lirio hasta 2010, lo cual ha representado mantener y aumentar los grandes beneficios del programa de control biológico mediante estos insectos.

Aquí se demostró la importancia de que las autoridades del distrito sigan invirtiendo recursos en el programa de control biológico.



4.1.6.5 Presa Sanalona

El área de embalse a nivel operación de esta presa es de 4,693.1 ha. Al inicio de las liberaciones de insectos presentaba una infestación de alrededor de 700 ha, que significaba el 14.95%, y es el promedio que había prevalecido en años anteriores. La proporción es muy alta y dañina porque se acumula en la cortina donde se ubica el bombeo y en las playitas que forman los desembarques de las lanchas de los pescadores (Fotografía 39). En esas condiciones es sumamente difícil dedicarse a la pesca, la cual es fundamental para una parte significativa de la población aledaña, además de las dificultades que implica para la operación y distribución del agua al distrito de riego y para la generación de energía eléctrica que de allí se alimenta.

En 1995, al iniciar la liberación de insectos, existían en promedio 70 plantas/m² con un peso de 33.5 kg. Una planta de lirio promedio pesaba 0.479 kg. Así, había 490 millones de lirios con un peso de 235,060.0 toneladas, como lo destaca el Cuadro 22, en el que se observa que los primeros registros de la presencia de insectos se obtuvieron a los 819 días de haberlos liberado.

Como se mencionó antes, el lirio en estas grandes presas se comporta de manera diferente al observado en los diques, ya que prácticamente



Fotografía 39. Problemática de lirio hasta 1996. Presa Sanalona.

no tienen espacios y la mayor parte del tiempo los manchones de lirio permanecen confinados. Con esta situación en la que se tienen grandes espacios, se desprenden las plantas y pueden desplazarse con el movimiento del agua, de manera que su densidad fluctúa mayormente entre 20 a 35 kg/m².

En septiembre de 1995 se liberaron 1,524 neoquetinos adultos que se distribuyeron en cuatro sitios estratégicos, abarcando la cortina y el centro de la presa, y la boca y el lecho del río Tamazula. Se inició el proceso de control con una densidad promedio de 0.00000311 insectos/planta de lirio; en otras palabras, en ese momento a un neoquetino le correspondía controlar alrededor de 321,522 lirios.

Después de un año, en los muestreos no se encontró ningún rastro de los insectos, por ello, el 24 de enero de 2006 se liberaron 1,717 insectos adicionales y, el 7 agosto, otros 1,500.

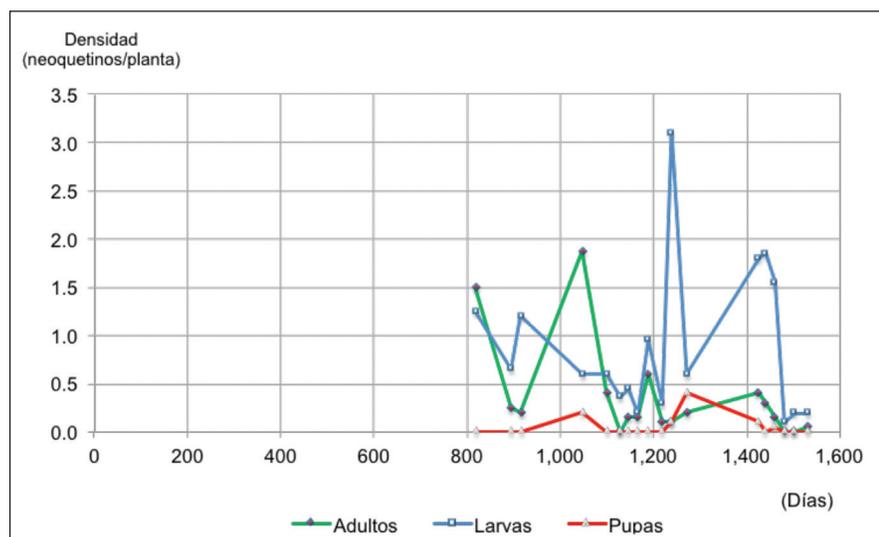
Se consideró la posibilidad de que no había prosperado la colonización de los insectos, por lo que se decidió hacer nuevas liberaciones, pero los resultados posteriores de control indicaron que el proceso de reproducción y propagación se fueron gestando en forma subrepticia, como había sucedido en los diques y en la presa Adolfo López

Mateos. A la luz de la información de los diques y de los resultados de control, hoy se sabe que dichas liberaciones no fueron necesarias, pues ya había una cantidad importante de insectos que no se lograron detectar.

Por la gran dimensión de la superficie de la presa y por las diferentes condiciones presentes a lo largo y ancho de la misma, al igual que en la presa Adolfo López Mateos los muestreos sólo permitieron formular ciertas inferencias, además de conocer el estado de la población de lirio. La población de insectos detectada fue realmente irregular y no permitió comprender su verdadero desarrollo a través del muestreo (Gráfica 12), situación de la que ya se hizo referencia para el caso de la presa antes mencionada. Los datos del muestreo y la información disponible y calculada se presenta en el Cuadro 22.

A los 819 días (dos años y tres meses) se detectaron 1.5 insectos adultos y fue el registro de población más alto de los muestreos. De acuerdo con la superficie infestada ya en decremento de 500 ha, existían 525 millones de insectos adultos.

A los 1,128 días, a pesar de que no se registraban insectos adultos, sólo restaban 30 ha



Gráfica 12. Crecimiento de los neoquetinos en la Presa Sanalona.



Fotografía 40. Control biológico del lirio. Presa Sanalona (1998).

que representan 17.9 millones de plantas con 9 mil toneladas. A poco más de tres años ya se habían eliminado 670 ha de lirio; es decir, 472 millones de plantas con un peso de 226 mil toneladas. A los cuatro años, el lirio seguía completamente controlado. Se apreciaban con maleza acuática escasas 5 ha en todo el cuerpo de agua, poco menos de dos millones de plantas con sólo 1,000 toneladas de peso total. La Fotografía 40 muestra imágenes la presa Sanalona libre de lirio .

De los muestreos resalta el efecto de control en la población de lirio por su reducción casi total de la superficie infestada, pero los otros parámetros son muy ilustrativos, ya que de 70 se pasó a 38.5 plantas/m², que en peso bajó de 33.58 a 14.63kg/

m². Resulta sorprendente el aumento de la altura de la planta (altura de la tercera hoja), porque de 17.7 cm pasó a 41 cm. Tiene mayor presencia como planta individual, pero ya sin ningún efecto negativo en el cuerpo de agua.

Destaca el hecho de que en esta presa, como en todos los cuerpos de agua, uno de los impactos que tiene el insecto en el lirio es que reduce la floración en una gran proporción y, en ocasiones, prácticamente la inhibe, lo cual representa un gran mecanismo de control a mediano y largo plazos.

El control del lirio mediante los neoquetinos en la presa Sanalona ha sido espectacular desde 1997 a 2010; ya que se mantuvo sin problema de lirio con los enormes beneficios que esto implica.

Cuadro 22. Registros del lirio acuático e insectos. Presa Sanalona.

Fecha	Día	Liberados (cantidad)	Insectos adultos	Superficie infestada (ha)	Plantas de lirio		Densidad de insectos (cantidad/planta)			3a hoja		Densidad plantas (plantas/m ²)	Peso de plantas (kg/m ²)	Densidad total de insectos
					(cantidad en millones)	(peso en miles de ton)	Adultos	Larvas	Pupas	Altura (cm)	Mordeduras (cantidad)			
15-sep-95	1	1524	1,524	700	490	235								
24-ene-96	131	1717												
07-ago-96	327	1500		800	560	269								
12-dic-97	819		525,000,000	500	350	168	1.50	1.25	0.00					2.75
26-feb-98	895						0.25	0.65	0.00	17.70	6.35	70.00	33.58	0.90
19-mar-98	916						0.20	1.20	0.00	13.80	11.00	69.00	23.46	1.40
29-jul-98	1,048						1.87	0.60	0.20	11.80	74.10	45.00	9.00	2.67
19-sep-98	1,100						0.40	0.60	0.00	28.10	64.80	92.00	36.80	1.00
17-oct-98	1,128			30	17.9	9	0.0	0.37	0.00	50.77	1.70	59.67	31.79	0.37
05-nov-98	1,147						0.15	0.45	0.00	35.20	3.75	69.50	23.28	0.60
24-nov-98	1,166						0.15	0.20	0.00	47.05	3.00	37.00	21.44	0.35
16-dic-98	1,188						0.60	0.95	0.00	37.05	9.05	30.00	16.90	1.55
15-ene-99	1,218						0.10	0.30	0.00	19.20	3.80	32.00	13.44	0.40
05-feb-99	1,239						0.10	3.10	0.10	28.90	13.10	48.00	12.96	3.30
10-mar-99	1,272						0.20	0.60	0.40	31.35	3.50	33.00	25.74	1.20
11-ago-99	1,426						0.40	1.80	0.10	18.70	16.90	72.00	16.56	2.30
26-ago-99	1,441						0.30	1.85	0.00	13.38	11.95	68.00	23.80	2.15
13-sep-99	1,459						0.15	1.55	0.05	23.03	14.95	48.50	13.50	1.75
05-oct-99	1,481						0.00	0.10	0.00	14.14	1.00	57.00	6.84	0.10
26-oct-99	1,502						0.00	0.20	0.00	18.00	5.50	53.00	9.12	0.20
26-nov-99	1,533		96,250	5	1.9	1	0.05	0.20	0.00	41.24	2.85	38.50	14.63	0.25

Una vez revisados los diques más representativos y las presas por separado, es conveniente observar el comportamiento de todos los cuerpos de agua en su conjunto y valorar sus resultados en forma integral

4.1.7 Éxito del control biológico del lirio en el DR 010 y DR 74

En 1993 la infestación de lirio en los cuerpos de agua del sistema Culiacán-Humaya era realmente alarmante y compleja. De las 15,743 ha de la superficie total de los cuerpos de agua (presas de almacenamiento, presas derivadoras y diques), 2,707 (17.20%) tenía lirio acuático. Las dos presas de almacenamiento estaban severamente afectadas para su funcionamiento: la Sanalona tenía alrededor de 700 ha de lirio y la presa Adolfo López Mateos 1,300 ha, que representaba un 14.9 y 12.9% de los embalses, respectivamente. La presa derivadora Andrew Weiss tenía 10 ha, que representaba el 18.8% de su capacidad, y la otra presa derivadora, Chinitos, 14 ha; es decir, el 12.7%. De los 11 diques del sistema de conducción sólo uno se encontraba libre de lirio, otro estaba infestado en el 33 % de su embalse y los ocho restantes tenían cubierto de lirio entre el 74 y el 100% de su embalse (Cuadro 23).

El control biológico iniciado en forma extensiva en todos los cuerpos de agua en 1995, paulatinamente fue cambiando ese panorama que persistía inalterable desde 1993.

En el Cuadro 23, particularmente en lo correspondiente al año 1996, se muestra que a pesar de que ese 17.2% de infestación general bajó sólo a 16.12%, tres de los cuerpos de agua se encontraban prácticamente sin lirio y el resto, excepto las dos presas de almacenamiento y el dique Mariquita, mostraban un significativo decremento de cobertura de lirio.

A mediados de 1997 el efecto del insecto era ya mayúsculo. La cobertura de lirio se había reducido a 9.54%. Otros tres diques se encontraban prácticamente sin lirio, con lo que en total eran ya seis diques libres de problema de lirio. Con excepción de la presa derivadora Andrew Weiss y dos diques, los demás cuerpos de agua mostraban un decremento sustancial de la cobertura del lirio acuático.

En 1998, en el Sistema Culiacán-Humaya sólo el 0.74% de la suma de todos los embalses del Sistema presentaba lirio. De sus 15 cuerpos de agua solamente dos continuaban con una pequeña infestación. El dique Arroyo Prieto, con sólo 8.8% de su embalse y el dique Mariquita con 15.5%, ya no representaban ningún problema para el uso y aprovechamiento de los embalses. Todos los cuerpos de agua sin problema de lirio se mantuvieron en estas condiciones hasta el año 2000. De 2,707 ha infestadas de lirio, al inicio del programa, sólo quedaban 108 ha (0.69 %).

Si se considera una densidad promedio de 50 lirios/m² y de 30 kg/m², bajo el control biológico se eliminaron 2,599 ha; es decir, 1,299 millones de plantas de lirio, con un peso de 779,700.0 toneladas.

Cuadro 23. Reducción histórica de lirio por los neoquetinos.

Embalse	Área* (ha)	Área infestada													
		1993		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
P. Adolfo López Mateos	10,041.00	1,300.00	12.95	1,200.00	11.95	600.00	5.98	10.00	0.10	35.00	0.35	35.00	0.35	445.00	4.43
P. Sanalona	4,693.10	700.00	14.92	800.00	17.05	500.00	10.65	30.00	0.64	5.00	0.11	3.00	0.06	3.00	0.06
P.D. Andrew Weiss	53.00	10.00	18.87	23.00	43.40	38.00	71.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique No. 1	6.00	2.00	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique No. 2	30.00	23.00	76.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique Batamote	134.00	129.88	96.93	73.00	54.48	0.30	0.22	0.50	0.37	0.50	0.37	0.50	0.37	0.50	0.37
Dique Arroyo Prieto	34.00	33.32	98.00	34.00	100.00	34.00	100.00	3.00	8.82	18.00	52.94	25.00	58.00	2.00	5.88
Dique Agua Fría	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique Hilda	12.00	11.68	97.33	11.00	91.67	2.00	16.67	0.02	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique Maniquita	450.00	353.00	78.44	335.00	74.44	315.01	70.00	70.20	15.60	45.00	10.00	45.00	10.00	15.00	3.33
Dique Palos Amarillos	38.00	38.00	100.00	13.00	34.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique Acatita	83.00	62.00	74.70	45.00	54.22	0.00	0.00	2.00	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dique Cacachila-Tesitos	40.00	31.00	77.50	12.00	30.00	12.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Derivadoras Chinitos, Cerro Bola y Gato de Lara	110.00	14.00	12.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales	15,743.10	2,707.88	17.20	2,546.00	16.17	1,501.30	9.54	115.72	0.74	103.50	0.66	108.50	0.69	465.50	2.96

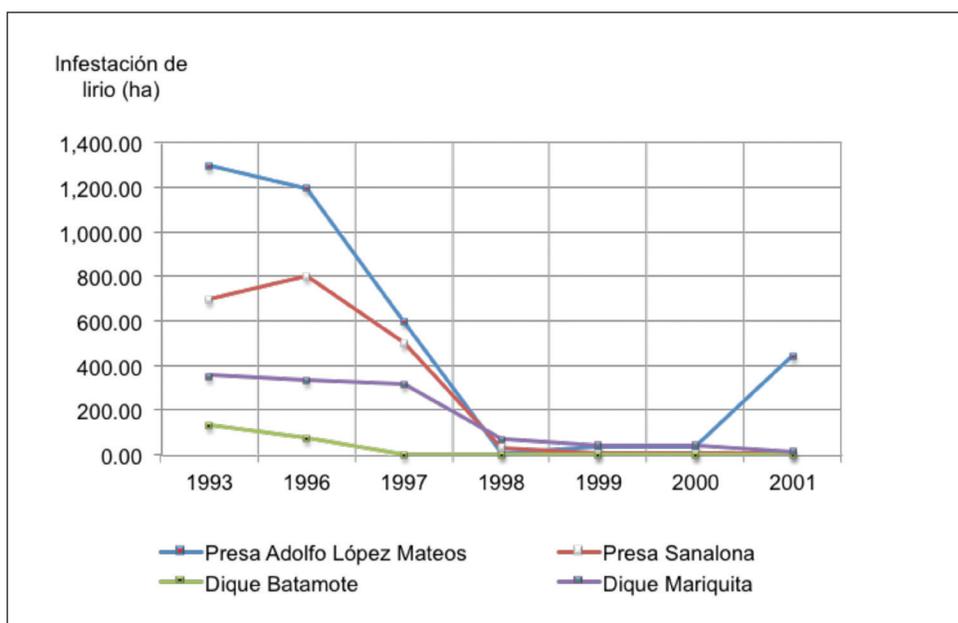
*Área del embalse a nivel de operación.

Métodos y resultados

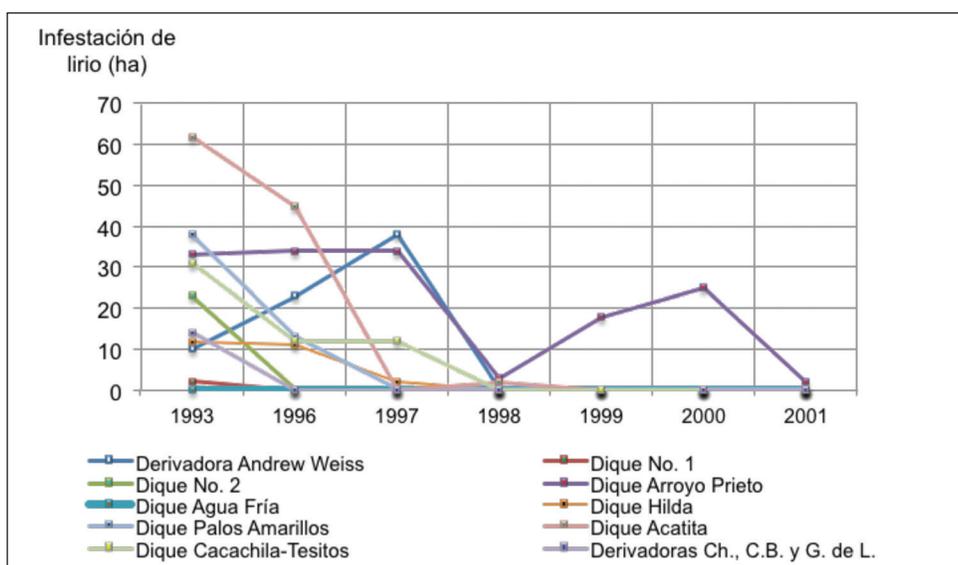
El proceso de control biológico observado fue contundente en el grado de reducción de la infestación. Una vez liberados los insectos, la mayoría en 1995 (Cuadro 13), durante el primer y segundo años se reproducen y propagan a toda la población de lirio, y en la medida que se va incrementando la densidad de insectos, el proceso de control muestra resultados categóricos a partir del segundo año, y aún mayores en el tercero. En todos los cuerpos de agua, aunque con sus particularidades, tuvieron ese

comportamiento general que permitió alcanzar el objetivo del control biológico del lirio en el DR 010 (Gráfica 13 y Gráfica 14).

Hasta el 2000, en que se ejecutó formalmente el programa de control biológico en el DR010 por parte del IMTA, se mantuvo un completo control del lirio acuático. Prácticamente todos los cuerpos de agua del sistema Culiacán-Humaya estuvieron libres del problema de lirio. Esto se registró, incluso, hasta 2001 (Fotografía 41 a Fotografía 44).



Gráfica 13. Abatimiento del lirio. Grandes cuerpos de agua del sistema.



Gráfica 13. Abatimiento del lirio. Pequeños cuerpos de agua del sistema.



Fotografía 41. Dique Batamote.



Fotografía 42. Dique Mariquita.



Fotografía 43. Presa Adolfo López Mateos (Varejonal).



Fotografía 44. Presa Sanalona.

4.1.8 Problemas de reinfestaciones después del año 2000

Al paso de los años, el resultado del control biológico destaca por sí mismo, pero es necesario considerar los problemas que implica no atender adecuadamente este proceso de control que surgen por la suspensión de seguimiento y no mantener el esquema general de control biológico. Cuando se dejan los cuerpos al libre desarrollo del lirio, o cuando el control biológico se obstaculiza con el uso de otros métodos de control sin una adecuada programación, se presentan los fenómenos de reinfestación cíclica como es el caso del dique Mariquita y de la presa Adolfo López Mateos.

Caso dique Mariquita

En el dique Mariquita del DR 010 en Culiacán, Sin., el lirio acuático se había venido controlando como en los otros cuerpos de agua, aunque en un proceso más lento; pero desde 1998 la infestación se había reducido de 78 a 16%. En los siguientes años, se redujo cada vez más. En el 2000, que fue el último en que participó el IMTA en el programa de control biológico formal en el distrito, entonces la infestación era del 10 por ciento.

A inicios de 2001 se estimó que el lirio abarcaba sólo el 3%; sin embargo, a finales de ese año se observó un incremento de la cobertura delirio, a pesar de la presencia del insecto. Las autoridades del distrito decidieron hacer un control completo



Fotografía 45. Trituración de lirio.



Fotografía 46. Restos de lirio acuático.



Fotografía 47. Rebrote de lirio acuático.



Fotografía 48. Infestación de *Pistia stratiotes* (lechuga de agua).

empleando equipo mecánico, que se les ofreció como un apoyo de las oficinas centrales de la Conagua (Calidad del Agua).

Así, en el mes de agosto de 2001 entraron las máquinas trituradoras conocidas como "Retador", con la finalidad de acelerar la limpieza. Eliminaron el lirio y despejaron rápidamente el cuerpo de agua, pero simultáneamente devastaron la población de neoquetinos que estaba cumpliendo su labor de agente de control (Fotografía 45 a Fotografía 48).

Al eliminar la población de lirio acuático, se favoreció el desarrollo de otra maleza acuática flotante llamada localmente "lechuga de agua" o "lechuguilla" (*Pistia stratiotes*), que en los siguientes años empezó a causar inquietud entre los técnicos. Durante el primer semestre de 2005, la reinfestación empezó a provocar nuevamente problemas a los pescadores y a reducir la velocidad del agua. En 2013, la infestación es severa.

Ante los resultados de este programa de control biológico, si la Conagua quiere el dique limpio tiene la opción de emplear o favorecer el control biológico, o bien, emplear controles mecánicos o químicos de manera periódica en forma permanente, con altos costos.

Caso presa Adolfo López Mateos

La presa Adolfo López Mateos, como se vio anteriormente, se ha mantenido libre de lirio desde 1998 hasta el 2000. Posteriormente, ya sin el

programa en marcha, se han presentado conatos de reinfestaciones en 2001 y 2005, no por efecto de un control mecánico como en el dique Mariquita, sino porque el lirio de la presa se fue eliminando por el mismo control biológico y por efecto de la reducción del nivel del agua. Así, el lirio se fue quedando en los taludes y desapareció la mayor parte de ellos, y junto con ellos la población de insectos.

Al subir el nivel del agua el lirio que se recuperó por efecto de las lluvias, sumado al que nació de semilla, se desarrolló sin presencia de los insectos o con una ínfima población, de manera que su crecimiento se volvió más explosivo (Fotografía 49, 50 y 51).

Este fenómeno que se presenta en las presas y, en forma un tanto diferente en los diques, es de suma importancia en la estrategia y metodología del control biológico para tener éxito en su manejo. Al conocer la lógica interna de este fenómeno, se entiende claramente la importancia que asume el seguimiento y continuidad del control biológico, mediante "reliberaciones" estratégicas de los insectos en los distritos de riego y en cualquier cuerpo de agua que se desee mantener libre del problema del lirio.

En los años 2001 y 2005, el distrito contó con el apoyo de la UAS, quien en forma oportuna realizó una resiembra de insectos, con los que se logró neutralizar ese desarrollo explosivo del lirio. En los siguientes años se volvió a tener bajo



Fotografía 49. Panorama en 1996.



Fotografía 50. Libre de lirio. 2000.



Fotografía 51. Reinfestación. 2005.

control, pero a falta de una continuidad en el programa nuevamente en 2010 y hasta 2013 se han presentado reinfestaciones severas.

4.1.9 Impactos del control biológico

El método de control biológico del lirio empleando los neoquetinos, se ha experimentado, demostrado y validado en los DR 010 y DR 074, como un método eficiente y efectivo que puede reducir y mantener bajo control el lirio en forma permanente con un adecuado seguimiento. Los neoquetinos, como agentes de este control biológico, son específicos del lirio acuático y no afectan a ningún cultivo.

El impacto de dicho control se presenta a continuación:

4.1.9.1 Reducción de lirio.

Es muy importante considerar que el proceso de control biológico, a diferencia de los métodos mecánico o químico, es paulatino y relativamente lento. El primer año de iniciado el programa y

parte del segundo, el productor o usuario está a la expectativa de los cambios resultantes; no obstante, en este tiempo no se aprecian ni el control ni los beneficios.

En la medida que va pasando el tiempo, la población de insectos crece en forma exponencial y poco a poco va afectando a todas las plantas de lirio, que se van debilitando. Pierden consistencia, color y altura. A mediados del segundo año, la planta se va marchitando e inicia un decaimiento significativo de la población. De forma aparentemente intempestiva, el lirio va desapareciendo y es cuando se observa el gran impacto que el insecto tiene. Es al tercer año que el cuerpo de agua se observa plenamente limpio y así puede mantenerse si permanece la población de insectos hasta por más de 10 años. La secuencia aproximada se muestra en la Fotografía 52.

4.1.9.2 Económico

El programa de control de maleza acuática desarrollado por el IMTA para fortalecer la labor de conservación de los distritos de riego



Fotografía 52. Secuencia del proceso de control biológico.

del país contó con recursos de 1992 a 2000, y posteriormente, en 2002, atendiendo en forma específica el control de salvinia (*Salvinia molesta*) en el DR014, Río Colorado en Baja California, y el lirio acuático en el DR30, Valsequillo, Puebla, respectivamente.

En el programa general se incluyó el control de lirio acuático, el control de maleza sumergida con carpa herbívora, el tule y otras especies. La inversión total que se ejerció en 16 distritos de riego del país, a precios de 2005, fue de 19.3 millones de pesos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Inversión ejercida por el programa (1993-2003).

Origen de la aportación económica	Costos (\$)		Participación (%)
	Corrientes	A precios de 2005	
Conagua	7,513,590	16,866,350	85.46
Conacyt	249,000	616,515	3.19
Usuarios	1,001,800	2,193,960	11.35
Total	8,114,390	19,325,593	100.00

Nota: La inversión de cada año se proyectó a costos de 2005.

De ese total se estima que se hizo una inversión de alrededor de 12 millones de pesos en lo referente al control de lirio acuático aplicado a seis distritos. Exclusivamente para los distritos de riego 010 Culiacán-Humaya y 074, Mocorito, ambos en Sinaloa, se destinaron aproximadamente 8.5 millones de pesos (a precios de 2005).

Para mostrar con claridad los resultados e impacto logrado por el control biológico en el DR 010 y 074, se considera, de manera general, que desde 1997 se eliminaron 2,500 ha infestadas de lirio acuático y, desde entonces y hasta el 2010, se mantuvo sin reinfestación. Esta consideración es con el fin de no perderse en el análisis con variaciones de datos causados por reinfestaciones en ciertas épocas en el dique Mariquita y la presa Adolfo López Mateos, que ya se describieron. Esto permite, además, valorar de mejor manera la dimensión de los beneficios al paso de los años

del método de control biológico.

En los dos primeros años la inversión en el proceso de control biológico se ve solamente como un gasto; no hay aparentemente ningún beneficio. Es a partir del tercer año en que la disminución del lirio es visualmente efectiva, logrando que esta planta deje de ser un problema. Y esto puede permanecer así por varios años, como ocurrió en estos distritos

Conforme pasaron los años, bajo este esquema de control el beneficio se incrementó; sorprendentemente en el quinto año, el lirio acuático seguía bajo control y el asombro iba siendo mayúsculo y los ahorros cada vez mayores. Al décimo año continuaba el control, al décimo sexto aún se mantenía el control en la mayoría de los cuerpos de agua, lo que produjo beneficios realmente impresionantes.

Para obtener estos mismos resultados mediante métodos mecánicos, se habría tenido que extraer o triturar el lirio en 1997 y, a partir de entonces, cada tercer año volver a limpiar una superficie similar, debido a las reinfestaciones que surgen inmediatamente y con más virulencia después de cada control mecánico o químico. De manera que el lirio se eliminaría por un tiempo limitado y con mucho esfuerzo y gasto, pero retornaría y volvería a ocasionar los mismos daños que los de origen. Esta situación se presentaría entonces en forma cíclica y permanente.

Considerando el costo promedio de control mecánico por extracción o trituración de \$15,000/ha de lirio (a precios de 2005), para lograr el control de 2,500 ha se habría tenido un costo de 37.5 millones sólo en un año. Desde 1997 hasta 2010 se habrían realizado por lo menos cinco extracciones mecánicas con un costo global de 187.5 millones de pesos (a precios de 2005).

Visto de esta manera, los 8.5 millones de pesos (a precios de 2005) que se invirtieron de 1992 a 2000 y las que posteriormente realizó el distrito para la participación de la Universidad Autónoma de Sinaloa han sido una gran inversión para beneficio de los dos distritos.

El beneficio económico con el método del control biológico es marcadamente evidente, porque en cada año que pasaba los benéficos se fueron incrementando de forma sustancial. El programa de control biológico en los DR 010 y 074 resultó una inversión económica y eficiente.

El 2000 fue el último año en que la Conagua financió este programa de control de maleza acuática. Al paso de los años y por la falta de continuidad del programa se han presentado, en diferentes momentos y hasta el presente, reinfestaciones en algunos cuerpos de agua como los diques Mariquita, Arroyo Prieto y en la presa Adolfo López Mateos.

Se requieren inversiones suficientes para darle continuidad y permanencia al programa de control biológico del lirio en esos cuerpos de agua que presentan reinfestaciones severas, y se continúe manteniendo libre del problema en los otros cuerpos de agua de los DR 010 y DR 074.

4.1.9.3 Ahorros de agua

Para verificar experimentalmente cuánta agua transpiran las plantas de lirio acuático, se llevó a cabo un experimento en el dique Batamote, perteneciente al Sistema Humaya. Se construyó una estructura flotante de 0.6221 m², sobre ésta se colocaron cuatro unidades experimental (tinajas) de 89 cm de profundidad. A las cuatro tinajas se les agregó una lámina de 50 cm de agua. A tres de éstas se les introdujeron, en promedio, cuatro kg de lirio acuático sano (sin daño de neoquetinos).

Se midió la altura de la lámina por la mañana, una evaluación similar se realizó por la tarde, cuando

el sol se había ocultado; en este momento se le agregó el agua necesaria que se había consumido hasta que alcanzó el nivel de los 50 cm (nivel inicial). Regularmente, el periodo de evaluación correspondió a 12 horas, durante las cuales se midieron las temperaturas máxima y mínima.

Los resultados preliminares indicaron que las mayores pérdidas totales por la evapotranspiración del lirio acuático correspondieron a las temperaturas más elevadas; además, siempre fue mayor la transpiración que la evaporación característica y normal del sitio donde se ubicó el experimento. Se observó que la evapotranspiración del lirio acuático suele ser desde 1.69 hasta 2.81 veces mayor que la evaporación normal. La Fotografía 53 ilustra las características de las tinajas experimentales y la forma en que se realizaron las evaluaciones:

En esos términos, en este análisis se considera que la pérdida de agua por transpiración del lirio es equivalente a la evaporación que en la región es de 20,847 m³/ha/año. Por lo tanto, se estima que en 2,500 ha de lirio se pierden alrededor de 52.1 millones de m³ de agua/año.

El resultado se magnifica aún más cuando se revisa el impacto al paso de los años y esta cantidad de agua se multiplica por los 14 años (1997-2010) que se han mantenido libres de lirio los diferentes cuerpos de agua, con las excepciones ya mencionadas, arrojando un ahorro de 729.64 millones m³ del vital líquido.

Con este volumen de agua ahorrado se podrían cultivar alrededor 116,631 ha (se estiman 6,256 m³ de agua/ha de maíz), que representa el 53% de la superficie que se cosechó en el ciclo agrícola 2008-2009 en el DR 010.



Fotografía 53. Evaluación de la evapotranspiración.

Durante las décadas anteriores en que se convivió con el lirio, esos volúmenes de agua se perdieron en forma irremediable, sin que los propios productores y técnicos repararan en este fenómeno. Con la presencia del lirio, los problemas de agua en las épocas de sequía o inundaciones se recrudecen sin que se haga evidente, pero con grandes perjuicios para la región. Este ahorro también debe ser motivo de reflexión para invertir en el control y manejo del lirio por medios biológicos.

4.1.9.4 Capacidad de conducción

La presencia de lirio acuático en la infraestructura hidroagrícola (canales y drenes) de las zonas de riego, afecta negativamente su operación (Fotografía 54):

- Disminuye la capacidad de conducción, al ocupar área hidráulica en la sección de la infraestructura.
- Obstruye y dificulta la operación de las estructuras de regulación (represas) y entrega (tomas laterales, tomas granja, etc.).
- Imposibilita el uso de equipos portátiles de medición del agua (molinete, medidores ultrasónicos, etc.) o influye en la correcta



Fotografía 54. El Lirio afecta la red de conducción

medición de equipos o estructuras fijas (dispositivos ultrasónicos, aforadores de garganta larga, etc.).

- Complica el desagüe de excesos de agua cuando se presentan contingencias meteorológicas (ciclones).

Con el fin de valorar ese impacto se realizó un trabajo de investigación en un tramo de 690 m (km 35+030 al 35+720) del Canal Principal Humaya del DR010 Culiacán, Sinaloa (Ramirez, xxx). Con una densidad de 50 kg/m² de lirio acuático en el canal revestido de concreto se obtuvieron los siguientes resultados preliminares (Fotografía 55):

- La capacidad de conducción disminuye hasta un 4% (de 77 a 74 m³/s).
- El tirante al inicio y al final del tramo disminuyó hasta un 7%.
- Se presenta un incremento considerable del coeficiente de rugosidad de maning, se estima que de un coeficiente $n = 0.020$ actual en el canal se incrementa hasta un $n = 0.031$ que corresponde a un canal revestido con cubierta vegetal (Ven Te Chow, 2005), esto a su vez provoca:
 - a) Incremento del perímetro mojado del canal y por lo tanto una mayor pérdida de agua por infiltración.
 - b) Disminución de la velocidad del flujo, provocando que se promueva la acumulación de azolve y a su vez reducción del área hidráulica.
 - c) Incremento de costos de mantenimiento por desazolve.
 - d) Falta de oportunidad y suficiencia en la entrega del agua a los usuarios.

De esta manera la presencia de lirio acuático en la infraestructura hidroagrícola, incide en la producción y productividad de los cultivos, afectando la utilidad del usuario de riego.



Fotografía 55. Aforo con molinete

4.1.9.5 Actividades de pesca y acuicultura

Con la infestación de lirio en ocasiones no se alcanzaba a ver el espejo de agua en los diques; el sistema trófico en su interior se limita y afecta al grado de que impide el desarrollo de poblaciones acuícolas de interés comercial o de consumo. La

reducción y control del lirio permite recuperar la estabilidad ecológica del ecosistema acuático dado que al penetrar los rayos solares a cierta profundidad, se estimula la producción primaria de los cuerpos de agua (producción de organismos microscópicos que son fundamentales en las tramas alimenticias). La Fotografía 56 ilustra la problemática que suelen tener los pescadores al llegar o salir a sus labores cotidianas.

Controlar el lirio acuático en las presas y diques, en particular donde existen cooperativas, ha representado un gran apoyo. Con la presencia de infestaciones severas de lirio existían días, incluso semanas, donde la acumulación de lirio impedía a los pescadores trasportarse en sus lanchas para realizar sus actividades, lo cual obviamente iba en detrimento de su economía. Sin infestaciones serias de maleza acuática, la actividad de pesca se vuelve estable y da mayor certeza a los ingresos familiares de los productores que se dedican a esta actividad (Fotografía 57).



Fotografía 56. Afectación de la pesca. Presa Adolfo López Mateos y Sanalona.



Fotografía 57. Embalses sin lirio favorecen la pesca. Diques Batamote y Mariquita.

4.1.9.6 Ambiente, recreación y turismo

La ausencia de lirio acuático ha permitido que los rayos solares estimulen la productividad primaria de los embalses, con el incremento consecuente de diversas especies dulceacuícolas, lo que beneficia directamente a las cooperativas pesqueras, pero también ofrece la opción de la actividad turística y de recreación, entre ellas, la pesca deportiva en algunos diques. También impulsa negocios, como el restaurante de la presa Sanalona. Después de haberse limpiado de lirio el dique Batamote, se estimularon los recorridos turísticos por el embalse y se establecieron algunos deportes acuáticos como lo ilustra la Fotografía 58.

4.1.9.7 Salud

Un aspecto que representa un gran beneficio es que, al eliminar los enormes tapetes de lirio, se evita

el hábitat de enjambres de moscos transmisores de numerosas enfermedades que afectan a todos los pobladores aledaños a estos cuerpos de agua.

4.1.10 Difusión de resultados

Esta experiencia del DR 010 y DR 74 es la primera en el ámbito nacional, y ha sido presentada en diversos medios tanto nacionales como internacionales, y ha demostrado que el control biológico del lirio mediante los neoquetinos como agentes de control biológico es eficiente, efectivo, altamente redituable y benéfico para los productores y la sociedad en general. La Fotografía 59 muestra algunas presentaciones de esta experiencia en diversos medios nacionales e internacionales.

El control biológico del lirio en los DR 010 y DR 074 es la primera experiencia exitosa empleando a los neoquetinos como agentes de control en



Fotografía 58. Práctica de esquí acuático en el dique Batamote.



Fotografía 59. Difusión de la experiencia.

México, no sólo en el ámbito experimental, sino en su aplicación abierta a diferentes cuerpos de agua.

Su eficacia y eficiencia para reducir el lirio se constató en todos los cuerpos de agua. De igual manera, se demostró que se puede evitar la reinfestación del lirio, incluso por 16 años continuos.

De esta manera, el control biológico del lirio acuático se erige como la única opción para resolver el problema del lirio acuático en el ámbito nacional en forma rentable y con enormes beneficio colaterales para la sociedad en su conjunto.

4.2 DISTRITO DE RIEGO 018, COLONIAS YAQUIS, SONORA

4.2.1 Caracterización

El Distrito de Riego (DR) 018, Colonias Yaquis, se localiza en la planicie costera central del estado de Sonora. Domina una superficie de 25,000 ha y abarca un área regable de 22,457 ha y aprovecha la margen derecha del río Yaqui. Su zona de riego se localiza a los 23° 38' de latitud norte y a los 110° 17' de longitud oeste de Greenwich. Se sitúa a una altitud de 46.85 msnm (Figura 6).

De acuerdo con el sistema de Thornthwaite, el clima prevaleciente en el distrito es de tipo EdA'a, que significa una provincia de humedad E árida, vegetación tipo desierto, humedad deficiente en todas las estaciones, provincia de temperatura A' tropical, subprovincia de temperatura "a", que se concentra en el verano entre 24 y 34 por ciento.

La red de distribución tiene una longitud de 312.68 km, la de drenaje 235.05 y la de caminos abarca 1,145.28 km. Posee un total de 2,262 piezas ubicadas en canales, drenes y caminos. A lo largo del Canal Principal Colonias Yaquis, se localizan los diques o vasos para el control de avenidas de los arroyos (Cuadro 25).

Cuadro 25. Localización, superficie y longitud de los diques del DR018.

Dique	Localización	Superficie (ha)	Longitud (m)
1	Km 7+770— 8+735	6-25	965
2	Km 9+495— 9+810	8-70	315
3	Km 12+841—13+220	10-30	379
4	Km 14+425—14+757	12-00	332
5	Km 15+480—15+760	7-00	280
6	Km 19+415—20+433	91-00	1,018
7	Km 22+478—22+628	3-00	150
8	Km 22+991—23+649	37-00	658



Figura 6. Localización del DR 018, Colonias Yaquis, Sonora.

En el distrito, la tenencia de la tierra es comunal y la superficie de riego de 22,457 ha corresponde a 2,314 usuarios, pertenecientes a ocho pueblos de la etnia yaqui (Cuadro 26).

Cuadro 26. Pueblos Yaquis del DR 018, superficies y número de usuarios.

Pueblo	Superficie de riego (ha)	Número de usuarios
Cocorit	1,066.84	151
Bacum	3,809.00	448
Torim	2,674.64	272
Vícam	4,539.00	431
Potam	4,589.00	480
Rahum	3,847.30	371
Huirivis	1,511.97	135
Belem	420.00	26
Total	22,457.75	2314

Existe una situación social muy característica de la etnia en los pueblos yaquis, importante de reconocer para comprender su propio desarrollo e integración en el ámbito nacional. En muchas ocasiones las propuestas centrales no han sido manejadas adecuadamente ante los intereses propios de la etnia y ha dificultado, entre otras muchas cosas, el manejo del distrito de riego por los propios productores. Hasta el momento, este

distrito no ha sido transferido a los productores.

La operación de la infraestructura hidroagrícola de este distrito se complicó aún más en la década de 1990, por la infestación de maleza acuática, principalmente el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y el tule (*Typha spp*).

El lirio acuático provocaba serios y frecuentes taponamientos en las estructuras de control del sistema de riego (represas, tomas, etcétera.); dificultaba la operación de las compuertas de servicio y la realización de los aforos para conocer el gasto. También obstruía sifones y, como consecuencia, se elevaba el tirante del canal. Esta situación provocaba derrames del líquido y, a veces, la ruptura de los bordos de los canales. La evapotranspiración de la maleza acuática ocasionaba, además, importantes pérdidas de volúmenes de agua. La Figura 7 muestra, con un croquis del área de influencia del DR 018, la ubicación de los diques; la Fotografía 60 señala un dique y un canal con infestaciones de lirio acuático.

A mediados de 1998, en el DR 018 se estimaba que la infestación era de 88.61 ha de lirio, distribuida básicamente en los ocho pequeños diques a lo largo del Canal Principal Colonias Yaquis. Esta información se detalla en el cuadro 28. De los ocho diques con infestación de lirio, cuatro tenían una infestación entre 20 y 25% de su espejo de agua, y los otros cuatro presentaban infestaciones alarmantes del 75 al 97 por ciento.

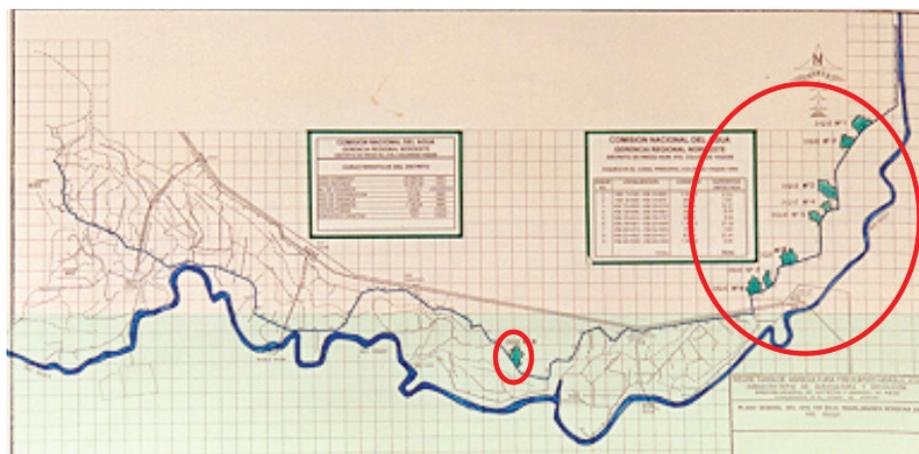


Figura 7. Distribución de los diques en el plano del DR 018.



Fotografía 60. Infestación severa de lirio, DR 018 (1998).

Cuadro 27. Infestación de lirio en los diques del DR 018 (1998).

Dique	Superficie (ha)	Infestación (%)	Superficie infestada (ha)
2	8.70	75	6.53
3	10.30	97	9.99
4	12.00	20	2.40
5	7.00	20	1.40
6	91.00	20	18.20
7	3.00	85	2.55
8	37.00	92	34.04
9	54.00	25	13.50
Total	223.00	39.7	88.61

en Canales y Drenes de los Distritos de Riego, está la formación de equipos de trabajo de carácter regional para involucrar al personal técnico y directivo del distrito de riego. Participaron inicialmente el Ing. Enrique Jara Valenzuela, el Ing. José Roberto Ayala Lagarda, el Ing. Eduardo Aguilar Félix y el Técnico Marco Antonio Flores Domínguez. Posteriormente, se incorporaron los técnicos Trinidad Minjares Agüero y Ángel Minjares Agüero.

Se recorrieron los diversos embalses localizados en el canal principal y se planteó un diagnóstico inicial, así como la estrategia y acciones específicas pertinentes para la liberación de los agentes de control (Fotografía 61).

Se confirmó lo que ya se conocía desde hace más de dos años: la ausencia de agentes de control de lirio acuático realmente importantes, y el gran vigor de esta maleza cuando crece sin nada que se lo impida, como lo muestra la Fotografía 62.

4.2.2 Formación de un equipo de trabajo y recorrido de diagnóstico

Dentro de las estrategias más importantes que tiene el Programa de Control de Maleza Acuática



Fotografía 61. Recorrido inicial por el canal principal.



Fotografía 62. Infestación severa de lirio en los diques del Canal Principal



El diagnóstico evidenció, además, que este panorama era muy similar al que se observó en diversos diques de los DR 010 y 074 en 1994, antes de liberar a los neoquetinos.

Para las liberaciones programadas se seleccionaron los diques 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9; la derivadora Chículi y puntos seleccionados del río Yaqui. Se decidió liberar en cada punto entre 250 y 500 insectos. Para el seguimiento puntual y periódico del crecimiento de los neoquetinos y de su impacto, se escogieron los diques 3, 7 y 8 localizados todos sobre el Canal Principal del DR 018 Colonias Yaquis.

Asimismo, se consideró necesario evaluar la eficacia de los neoquetinos en superficies controladas cubiertas con lirio acuático. En este sentido, se programó un experimento en parcelas

confinadas por estructuras de PVC de 1x1 m y malla protectora. Este experimento se ejecutó de manera paralela a las liberaciones masivas y abiertas.

4.2.3 Colecta, movilización y liberación de neoquetinos

Para la obtención de insectos, se seleccionó el dique Mariquita perteneciente al sistema Humaya del DR 010 en Culiacán, Sin., porque en un sondeo previo se determinó que la densidad de insectos era elevada. En este sitio se extrajeron al azar numerosas plantas de lirio acuático, las cuales se desmenuzaron para extraer sólo los insectos adultos (Fotografía 63).



Fotografía 63. Colecta de insectos en el dique Mariquita (1998)

En total, se colectaron alrededor de 11,000 neoquetinos de ambas especies y sexos. Fueron empacados en frascos de plástico de 15 cm de alto por 6 cm de diámetro con orificios en su tapa. Los frascos se introdujeron en una hielera, a la que previamente se le había colocado en la parte inferior una “cama” de hielo, y sobre ésta, un “tapete” de hojas de lirio. Sobre los lirios se colocaron los frascos que, a su vez, fueron cubiertos con otro “tapete” compuesto por plantas de lirio (Fotografía 64).

La movilización se realizó por vía terrestre contando con el permiso correspondiente de las autoridades sanitarias. En la colecta murieron por estrés alrededor de 1,500 insectos. El resto de organismos, alrededor de 9,600, se empacaron, trasladaron y liberaron exitosamente en los diques y en las parcelas demostrativas del DR 018 Colonias Yaquis, Sonora.

4.2.4 Parcelas demostrativas en campo

Con fines demostrativos y de investigación, se diseñó un experimento en el dique 8, donde se

emplearon ocho parcelas de PVC; siete de ellas de 1 m por lado y 1.5 m de altura; la otra sólo incluyó una base del mismo material de 1m² (Fotografía 65). Las siete parcelas de estructura cúbica se cubrieron con malla sombra y se cerraron por medio de una cuerda colocada al frente de cada parcela; la octava parcela se mantuvo sin malla.

Antes de liberar los insectos en el interior de cada parcela, se procedió a separarlos por especie y sexo para tener la certeza de contar con organismos de características conocidas. También, la totalidad de los neoquetinos destinados a las parcelas fueron marcados en la parte posterior con tinta indeleble, con el fin de procurar la separación entre los progenitores (F1) y los hijos (Fotografía 66).

En las ocho parcelas se introdujeron diez plantas con características similares. En las seis parcelas experimentales se introdujeron además 32 neoquetinos sexados y marcados con tinta indeleble y diferenciando las especies. En las dos parcelas testigo lógicamente no hubo neoquetinos (Cuadro 28). Para evaluar, se consideraron los siguientes criterios: se contaba el número de plantas vivas y el número de plantas muertas; además, se



Fotografía 64. Empaque y traslado de neoquetinos en 1998



Fotografía 65. Instalación de parcelas demostrativas en 1998.



Fotografía 66. Identificación y marcaje de los neoquetinos

Cuadro 28. Diseño de la parcela demostrativa en el Dique 8

Parcela	Insectos liberados		Tratamientos (especie y sexo)			
			♀N. bruchi	♀N. eichhorniae	♂N. bruchi	♂N. eichhorniae
1	32	24	0	8	0	
2	32	0	24	0	8	
3	32	24	0	8	0	
4	32	0	24	0	8	
5	32	12	12	4	4	
6	32	12	12	4	4	
7	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	
Totales	192	72	72	24	24	

extraían tres plantas al azar, las cuales se pesaban, se les medía la altura del tercer pecíolo, se contaba el número de hojas por planta y la densidad de insectos también por cada una de las tres plantas, en cualesquiera de sus tres estadios (adulto, larva o pupa). Estas tres plantas, por su deterioro, se eliminaban.

El experimento duró 291 días, durante los cuales se realizaron diez muestreos. Los resultados contundentes y confiables se observaron durante los primeros noventa días. Después, el experimento sufrió interferencia y falta de control por la llegada del huracán Isis. Por tal motivo, se presentan sólo las primeras cuatro evaluaciones (Cuadro 29). La parcela testigo sin insectos y sin malla se desechó porque se perdió la certeza de

los lirios introducidos con los del exterior, y ya no tuvieron validez sus datos.

La evolución de los neoquetinos dentro de las parcelas tuvo un comportamiento interesante y demostró, de manera global, la eficiencia de los neoquetinos como agentes de control de lirio acuático, independientemente de la especie empleada *Neochetina bruchi*, *Neochetina eichhorniae* o ambas, como se realizó en el diseño. La Fotografía 67 revela la distribución espacial de las parcelas en el dique 8.

Desde el inicio y durante el tiempo que duró el experimento, se le dio un seguimiento a la población de lirio y de insectos, observando que al principio la planta estaba completamente sana y vigorosa (Fotografía 68).

Asimismo, se realizaron los muestreos iniciales antes de liberar a los insectos, como se indica en la Fotografía 69.

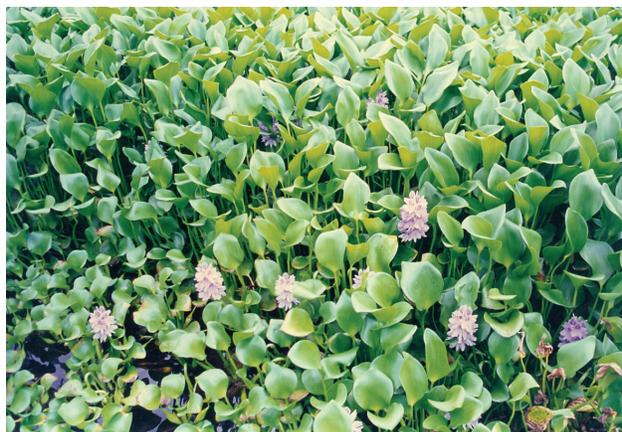


Fotografía 67. Parcelas experimental en el Dique 8.

Métodos y resultados

Cuadro 29. Resumen de resultados relevantes de la parcela experimental.

Parcela	Días	Fecha	Densidad de insectos (cantidad/planta)			Hojas por planta (cantidad)	Altura 3a. hoja (cm)	Mordeduras (cantidad)	Peso l planta (g)	Plantas vivas (cantidad)	Plantas muertas (cantidad)
			Adultos	Larvas	Pupas						
N. b. Prom. 1+3	1	21-jul-98	3.20	0.00	0.00	7.00	15.00	0.00	500.00	10	0
	70	29-sep-98	0.83	0.83	0.67	5.83	14.42	27.50	41.66	10	2
	81	10-oct-98	1.17	0.00	0.00	6.17	12.00	41.00	33.33	6	5
	95	24-oct-98	0.33	0.00	0.00	7.67	10.83	44.50	75.00	8	3
N. e. Prom. 2+4	1	21-jul-98	3.20	0.00	0.00	7.00	15.00	0.00	500.00	10	0
	70	29-sep-98	0.17	0.50	0.17	4.67	12.33	8.17	25.00	6	5
	81	10-oct-98	0.67	0.17	0.17	5.83	11.33	8.33	29.17	5	6
	95	24-oct-98	0.00	0.00	0.00	6.50	9.17	12.17	50.00	5	5
N.b.+ Ne Prom. 5+6	1	21-jul-98	3.20	0.00	0.00	7.00	15.00	0.00	500.00	10	0
	70	29-sep-98	0.50	0.67	0.67	4.83	12.83	10.50	8.33	3.50	6.50
	81	10-oct-98	0.33	0.00	0.00	7.33	13.00	37.00	100.00	4	7
	95	24-oct-98	0.00	0.00	0.00	8.67	10.00	28.00	33.33	3	7
Sin insecto y con malla 7	1	21-jul-98	0.00	0.00	0.00	7.00	15.00	0.00	500.00	10	0
	70	29-sep-98	0.33	0.00	0.00	6.33	22.00	6.33	233.33	28	0
	81	10-oct-98	3.33	0.00	0.00	6.67	25.00	22.33	200.00	30	0
	95	24-oct-98	0.00	0.00	0.00	8.33	21.00	56.67	233.33	36	0
Sin insecto y sin malla 8	1	21-jul-98	0.00	0.00	0.00	7.00	15.00	0.00	500.00	10	0
	70	29-sep-98									
	81	10-oct-98									
	95	24-oct-98									



Fotografía 68. Lirio sano al inicio de la parcela



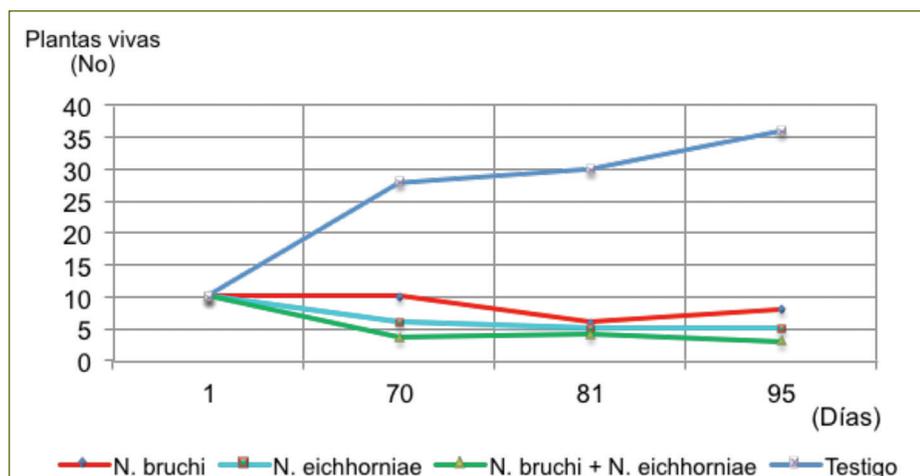
Fotografía 69. Muestras iniciales.

El efecto del insecto fue inmediato en los primeros setenta días en las parcelas de *Neochetina bruchi* (1 y 3); se conservaron diez plantas y la biomasa total se redujo de 5,000 g a 395 g (sólo quedaba el 7.92%). En las parcelas de *Neochetina eichhorniae* (2y 4) quedaron seis plantas (60%) y el 2.75% de la biomasa inicial. Del promedio de la parcelas 5 y 6, donde se encontraban ambas especies, sólo quedaban 3.5 plantas, con sólo el 0.58 % de la biomasa inicial. Fue muy significativo observar que se dio un mayor control en las parcelas donde se encontraban ambas especies. Contrariamente, en la parcela testigo, sin insectos y con malla, de las diez plantas iniciales aumentó a 28 (180% más) con un peso

total de 6,500g (incremento del 30%). A los 81 y 95 días prácticamente se mantuvo el mismo comportamiento, que demuestra claramente la eficiencia de este agente de control (Gráfica 15 y Fotografía 70).

Por efecto del ciclón *Lis* se empezó a distorsionar el experimento; no obstante, los resultados obtenidos fueron claros para los productores y autoridades del distrito.

La densidad inicial de 3.2 insectos/planta fue muy alta en comparación con la establecida en Sinaloa, que fue de 0.36, con el fin de reducir los tiempos de control, lo cual se logró desde los primeros setenta días. En contraste, en la parcela de Sinaloa, que se inició con una densidad muy



Gráfica 15. Comportamiento de la población de lirio en las diferentes parcelas.



Fotografía 70. Muestras de lirios e insectos.

baja y a los 201 días de establecidas las parcelas, se tenía apenas una densidad de adultos de 1.92.

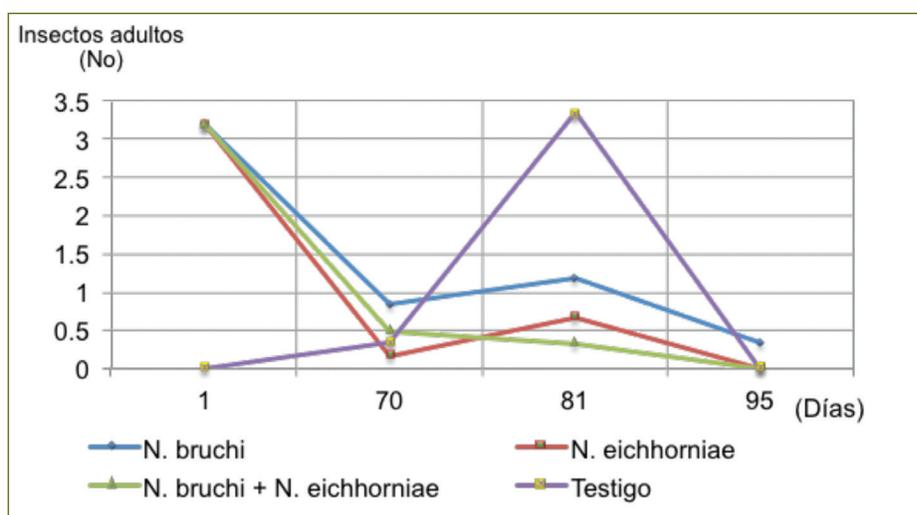
La densidad de adultos fue disminuyendo, como era de esperarse, y la población de los otros estadios fue incrementándose e, inclusive, la población de insectos apareció en la parcela testigo con malla al día 81, con 3.3 neoquetinos adultos. A partir de la quinta evaluación, como efecto del huracán, los datos ya no fueron confiables; por ello, sólo se incluyeron las primeras cuatro evaluaciones realizadas (Gráfica 16).

Los resultados de este experimento cubrieron las expectativas originales, pues el haber colocado densidades altas de insectos desde un inicio permitió tener resultados en menor tiempo,

prácticamente inmediatos al frenar en su inicio el crecimiento de la población de lirio y al poco tiempo declinar el mismo (Fotografía 70).

4.2.5 Liberación abierta de neoquetinos

Dada la exitosa experiencia en el DR 010, en paralelo a las parcelas demostrativas, desde el inicio en 1998 se planeó la liberación abierta en todos los cuerpos de agua afectados del distrito, con una población de más de quinientos insectos en cada uno. La población disponible de 9,649 neoquetinos permitió establecer dos o más puntos en la mitad de los embalses. La Fotografía 71 muestra la forma



Gráfica 16. Densidad de neoquetinos adultos en las parcelas experimentales.

de extracción de los insectos de su recipiente, y el Cuadro 30 indica la cantidad de insectos liberados, los sitios específicos de liberación y la secuencia que se siguió.

Las liberaciones se realizaron de dos formas diferentes: en una de ellas simplemente se vaciaba el contenido del recipiente sobre las plantas del lirio; otra forma consistió en extraer una planta de lirio, abrir sus pecíolos y depositar en medio el contenido de un recipiente o sólo una parte. Después, la planta se lanzaba sobre los manchones de lirio en sitios más alejados (Fotografía 72).

Para fines de seguimiento puntual, se evaluó el crecimiento de los neoquetinos y el daño que provocaron sobre las plantas de lirio acuático en los diques 3, 7 y 8 (posteriormente y por razones de inaccesibilidad a los sitios, sólo se dio seguimiento en el dique 8). En estos sitios se extrajeron al azar diez plantas de lirio acuático y se determinaron los siguientes parámetros por cada planta: densidad de insectos localizados por cada planta, en sus estadios de larva, pupa y adulto; número total de hojas; altura del tercer pecíolo; ancho y largo de la tercera hoja; número de mordeduras de la tercera hoja. Asimismo, se determinó el número de plantas existentes en 1 m² (densidad) y el peso de diez plantas (biomasa). Con estos datos, se determinó el peso total de plantas en 1 m² y la densidad de hojas en la misma superficie.

Dique 8

Al inicio de las liberaciones de insectos, el dique 8 tenía un espejo de agua de 37 ha con una superficie infestada de lirio de 34 ha (92%) (Fotografía 73). Existían en promedio 48 plantas/m² y una densidad de 42.24 kg/m². Una planta de lirio promedio pesaba 0.88 kilogramos.

En el dique se liberaron 1,450 insectos adultos. Al inicio de la liberación se tenía una densidad promedio de 0.000089 insectos/planta de lirio, lo que lo ponía en condiciones muy desventajosas para fungir como agente de control de 14,378 toneladas de lirio que existían en el dique.

Los insectos mostraron un excelente comportamiento de reproducción y propagación que durante los primeros noventa días fue en permanente crecimiento. En octubre se presentó el ciclón *Isis*, que afectó el desarrollo del lirio y del insecto, ya que en los siguientes doscientos días no se registraron insectos en los muestreos realizados. Sin embargo, el control del lirio ya estaba en proceso. Para mayo de 1999, al día 307 de la liberación de insectos, la cobertura del lirio prácticamente se mantenía, pues sólo pasó del 92 al 88% con respecto a su área inundada, y a pesar de que el número de plantas se había incrementado al doble de las originales (de 16,3 millones a 34.1 millones de plantas), su efecto de control ya era importante.



Fotografía 71. Extracción de insectos de sus recipientes.

Métodos y resultados

Cuadro 30. Liberación abierta de neoquetinos en el DR 018.

Orden de liberación	Embalse y superficie (ha)	Cantidad de insectos	Número de puntos de liberación y localización
1	Dique 8: (37-00)	1,450	3: (km 22+991-23+649)
2	Dique 7: (3-00)	850	2: (km 22+478-22-628)
3	Dique 6: (91-00)	1,120	4: (km 19+415-20+433)
4	Dique 3: (10-30)	502	2: (km 12+841-13+220)
5	Dique 2: (8-70)	800	2: (km 9+495-9+810)
6	Dique 1: (6-25)	495	2: (km 7+770-8+735)
7	Presa Chículi (río)	694	2: (costado cuerpo de agua)
		339	1: (arriba)
		100	1: (desfogue)
8	Derivadora Chículi	441	1: punto de control
9	Derivadora Hornos	450	1: (km 0+000)
10	Derivadora Hornos	168	1: (km 0+030)
		170	1: (km 0+135)
11	Puente ferrocarril	770	1: (esquina embalse)
12	Puente carretera a Bacum	600	1: (antes)
		700	1: (después)
Liberación total			9,649



Fotografía 72. Liberación de insectos en diques y derivadoras.



Fotografía 73. Infestación antes del programa.
Dique 8 (1998).

El peso promedio/lirio se había reducido de 0.88 a 0.23 kg; una reducción del 74%. Visto en biomasa total, se redujo de 14,378 a 7,692 t (Cuadro 31).

No obstante el proceso de control en ascenso, se observa un comportamiento extraño en los siguientes días hasta llegar al día 824, donde se incrementa la densidad de insectos en sus tres estadios y se logra reducir la superficie de infestación a 17 ha; es decir, un 46% del cuerpo de agua. Sin embargo, se registra un incremento en la biomasa hasta las 14,441 toneladas, muy similar a la biomasa original, ocasionado por el aumento a 202 plantas/m² y por el incremento a 0.42 g/planta (Cuadro 32).

Cuadro 31. Registro del lirio acuático e insectos. Dique 8

Fecha	Días	Insectos liberados			Nequetinos			Lirio						
		(cantidad)	Densidad de insectos (cantidad/planta)		Adultos	Larvas	Pupas	Hojas/planta (cantidad)	Peciolo 3a hoja (cm)	Hoja (cm)		Marcas en hoja (cantidad)	Plantas/ m ² (cantidad)	Densidad (kg/m ²)
19-jul-98	1	1,450		0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	87.30	14.25	19.05	0.00	48.00	42.24
29-sep-98	72			0.20	0.10	0.10	0.10	5.40	63.75	9.85	13.90	0.00	58.00	29.00
10-oct-98	83			0.60	0.60	0.10	0.10	6.10	60.90	9.50	14.00	28.00	48.00	36.00
24-oct-98	97			0.60	0.20	0.20	0.20	6.00	55.20	10.60	14.00	13.00	60.00	48.00
07-nov-98	111			0.10	0.70	0.20	0.20	4.90	53.65	10.05	13.70	15.40	68.00	54.40
21-nov-98	125			0.00	0.90	0.00	0.00	5.10	41.50	9.00	12.20	12.10	62.00	37.20
20-mar-99	244			0.00	0.10	0.00	0.00	6.90	8.00	8.00	4.50	0.80	80.00	35.20
08-abr-99	263			0.00	0.00	0.00	0.00	10.40	7.20	6.40	4.30	0.00	120.00	52.80
24-abr-99	279			0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	6.75	5.85	4.30	0.00	200.00	35.00
08-may-99	293			0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	16.40	9.10	7.00	0.00	90.00	32.40
22-may-99	307			0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	13.90	9.10	6.80	0.00	105.00	23.63
23-nov-99	492			0.00	0.50	0.00	0.00	6.40	29.10	9.85	10.25	5.40	150.00	91.50
11-dic-99	510			0.30	1.80	0.00	0.00	7.60	32.70	12.50	12.50	12.90	250.00	135.00
08-ene-00	538			0.20	6.70	0.00	0.00	7.10	37.50	11.40	12.60	14.20	144.00	100.80
12-feb-00	573			0.50	5.40	0.00	0.00	6.30	37.70	11.50	11.70	15.80	130.00	96.20
18-mar-00	608			0.20	2.30	0.00	0.00	5.60	17.70	7.10	7.40	12.90	185.00	17.58
19-abr-00	640			0.10	1.60	0.00	0.00	7.60	18.50	9.10	9.10	11.30	150.00	16.50
11-may-00	662			1.50	5.40	1.40	1.40	7.80	29.00	10.30	9.10	161.40	250.00	77.50
01-jun-00	683			1.60	5.00	1.60	1.60	7.60	30.20	9.80	8.80	165.00	201.00	68.34
03-jul-00	715			1.40	5.60	0.60	0.60	5.40	29.50	6.60	9.00	250.00	160.00	28.80
29-jul-00	741			1.70	5.70	0.00	0.00	6.10	27.80	7.30	9.60	800.00	75.00	21.00
25-ago-00	768			0.40	4.00	0.00	0.00	6.40	43.60	7.50	10.70	800.00	140.00	43.40
21-sep-00	795			1.20	3.40	0.10	0.10	6.90	42.20	10.40	12.90	132.20	101.00	43.94
20-oct-00	824			0.80	3.50	0.00	0.00	7.40	54.00	9.50	12.80	109.70	202.00	84.84
24-nov-00	859			0.10	4.30	0.10	0.10	5.70	34.60	6.40	9.80	41.50	260.00	117.00
04-dic-00	869			0.40	2.30	1.00	1.00	5.30	31.50	7.20	9.30	66.40	140.00	50.40
05-ene-01	901			0.00	5.30	0.80	0.80	6.80	20.50	9.40	8.10	53.00	75.00	20.25
01-feb-01	928			1.40	2.10	0.00	0.00	6.60	5.90	6.90	4.10	30.10	100.00	15.00
15-mar-01	970			1.10	4.10	0.60	0.60	3.50	3.20	4.70	2.80	17.80	230.00	20.70
25-abr-01	1,011			1.10	3.80	1.70	1.70	5.40	5.60	5.10	3.30	30.40	250.00	16.25
01-jun-01	1,048			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 32. Proceso de control biológico de lirio. Dique 8.

Fecha	Días	Insectos Adultos		Embalse					
		Liberados	Total	Superficie Espejo de agua (ha)	Infestada de lirio		Plantas totales (cantidad)	Biomasa (ton)	Planta (kg/planta)
		(cantidad)	(cantidad)		(%)	(ha)			
19-jul-98	1			37	92	34.0	16,339,200	143,785	0.88
22-may-99	307		-		88	32.5	34,188,000	76,923	0.23
20-oct-00	824		27,468,445		46	17.0	34,335,556	144,209	0.42
01-jun-01	1,048				1	0.4	-		

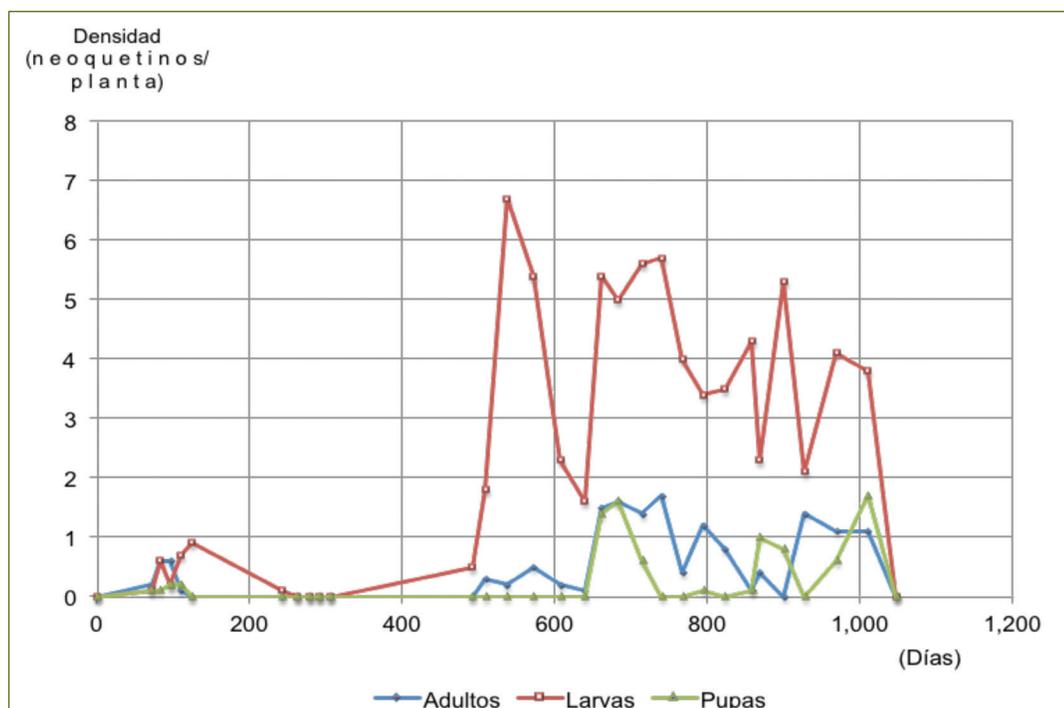
En los siguientes meses se muestra igualmente un buen desarrollo del insecto y, finalmente, a los 1,048 días ya no se registra infestación y se obtiene un completo control del lirio.

Se contó con el apoyo de personal del distrito para hacer estas evaluaciones de campo; sin embargo, en la mayoría no se participó directamente, por lo que los datos se toman con ciertas reservas.

Los registros señalan que no se presentaron más de dos neoquetinos adultos/planta, lo cual

no concuerda con lo que se observó en el DR 010, donde se observaron hasta diez adultos; sin embargo, el comportamiento de control tiene mucha similitud. Al considerar los tres estadios del insecto, se encuentran hasta ocho neoquetinos/planta, lo cual ya resulta más lógico en el proceso de control. De cualquier manera, el desarrollo de control resulta claro y evidente (Gráfica 17).

Aunque ya no se continuó con los muestreos en los diques 3 y 7 debido a problemas por el ciclón *Isis*, su revisión periódica permitió observar



Gráfica 17. Crecimiento de los neoquetinos en el Dique 8.

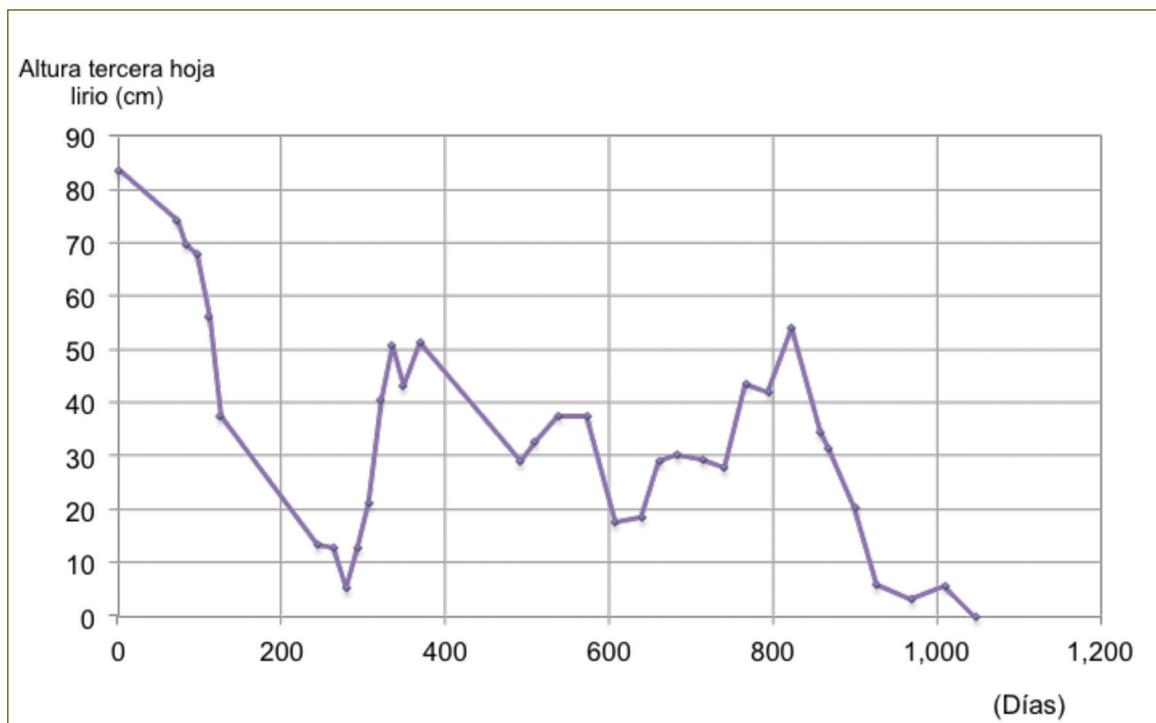
un comportamiento similar al dique 8, en cuanto al proceso de control y reducción del lirio. En todos los diques donde se liberaron insectos, se obtuvo la reducción total del lirio acuático en prácticamente los mismos tiempos.

En el proceso de control, el deterioro de las plantas de lirio acuático producido por los neoquetinos fue muy característico, ya que tendió a reducirse y, aunque en este caso se dio una recuperación importante de la población de lirio, seguramente relacionada con el efecto del ciclón, finalmente decae en forma drástica y definitiva, como lo muestra la Gráfica 18, considerando el efecto del insecto en el decremento de la altura del peciolo de la tercera hoja del lirio.

El proceso de control biológico del lirio en una secuencia de imágenes en el dique 8 es muy claro. Al momento de la liberación (julio de 1998), e incluso en agosto de 2000, el lirio cubre la mayor parte del cuerpo de agua y se encuentra vigoroso, pero en diciembre de 2000 se ve muy dañado y, en junio de 2001, el dique simplemente se ve libre de lirio (Fotografía 74).

Otro de los cuerpos de agua que dan testimonio del trabajo de los neoquetinos es el desfogue de la derivadora de Hornos. En un inicio, este sitio se constituyó como área de crecimiento y reservorio de insectos debido a que, por su poca profundidad y aporte constante de agua, las plantas de lirio acuático permanecían fijas, lo que permitió un establecimiento pleno de los agentes de control. La secuencia de imágenes de la Fotografía 75 muestra el deterioro paulatino que provocaron los neoquetinos sobre las plantas de lirio acuático:

De izquierda a derecha, la primera imagen corresponde a julio de 1998 y muestra el momento de la liberación de insectos. Se observan plantas de lirio sanas y de buen tamaño. La segunda es de 2000; destaca un lirio afectado y de talla pequeña por el daño de los neoquetinos; la tercera imagen, de 2001, manifiesta la invasión de otras plantas de características más terrestres ante la debilidad de un lirio acuático afectado. Por las mismas condiciones de falta de agua, en ciertos periodos tampoco se logra el desarrollo pleno del insecto y,



Gráfica 18. Decremento de la altura del lirio por ataque de neoquetinos. Dique 8.

Métodos y resultados



1998/1999.



2000



2001

Fotografía 74. Proceso de control biológico del lirio. Dique 8.



Julio 1998. Lirio sano.



Agosto 2000. Lirio con neoquetinos y hongos.



Agosto 2001. Lirio débil invadido por pastos.

Fotografía 75. Deterioro del lirio por neoquetinos. Presa derivadora Hornos.

en ocasiones, se observa cierta recuperación del lirio. Resultó un lugar importante y permanente para la reproducción de insectos al que se podía recurrir.

4.2.6 Éxito del control biológico del lirio en el DR 018

La infestación de lirio en los cuerpos de agua del Canal Principal Colonias Yaquis, del Distrito de

Riego 018, Colonias Yaquis en Sonora, representó por más de una década un severo problema para la operación y conservación de los diferentes diques. En 1998 los ocho cuerpos de agua (diques) del distrito, con una superficie total de 223 ha, presentaba una infestación de 88.61 ha de lirio (39.7%). Cuatro diques con el 20% de cobertura y los otros cuatro, incluso con más del 75%. Uno de los que más afectaba las labores del distrito era el dique 8, que tenía una infestación del 92%. El Cuadro 33 muestra las cifras de la reducción de

Cuadro 33. Reducción de lirio por los neoquetinos (%). Diques del DR 018.

Días transcurridos	Diques								Superficie total (ha)
	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Superficie diques (ha)								
	8.7	10.3	12.0	7.0	91.0	3.0	37.0	54.0	
Infestación de lirio (%)									
1	75	97	20	20	20	85	92	25	
365	70	95	18	18	20	75	88	22	
823	0	0	0	0	13.7	0	45.94	7.7	
1,096	0	0	0	0	1.09	0	0.05	7.4	
1,461	0	0	0	0	0	0	0	4	
1,857	0	0	0	0	0	0	0	3	
2,223	0	0	0	0	0	0	0	3	
2,557	0	0	0	0	0	0	0	2	
2,953	0	0	0	0	0	0	0	2	
3,287	0	0	0	0	0	0	0	1	

Cuadro 34. Reducción de lirio por los neoquetinos (ha). Diques del DR 018.

Días transcurridos	Diques								Superficie total (ha)
	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Infestación de lirio (ha)								
1	6.53	9.99	2.40	1.40	18.20	2.55	34.04	13.50	88.61
365	6.09	9.79	2.16	1.26	18.20	2.25	32.56	11.88	84.19
823	0.00	0.00	0.00	0.00	12.47	0.00	17.00	4.16	33.62
1,096	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.02	4.00	5.01
1,461	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	2.16
1,857	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	1.62
2,223	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	1.62
2,557	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.08
2,953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.08
3,287	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.54

lirio acuático expresadas en porcentajes durante nueve años de seguimiento (3,287 días), aunque durante los primeros cuatro fue cuando se percibió el principal impacto; el Cuadro 34 señala el mismo proceso pero mostrado en términos de superficie (ha).

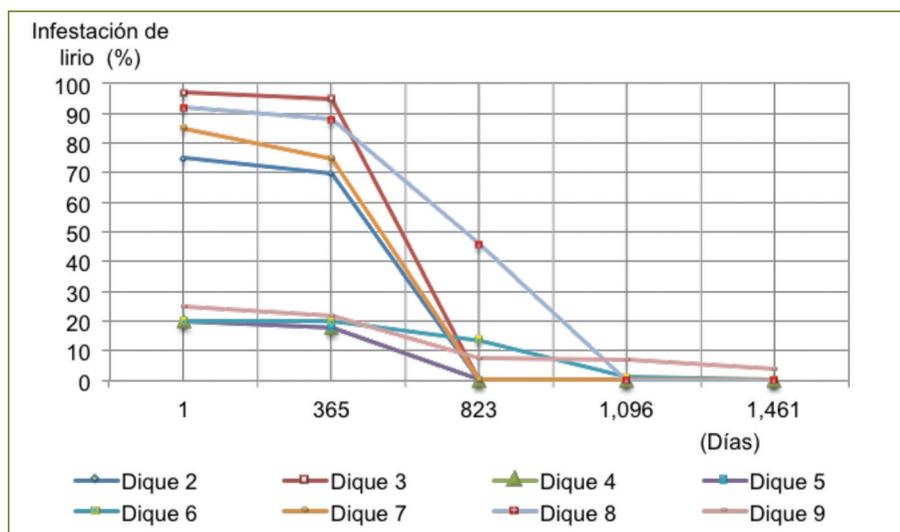
El control biológico fue cambiando ese panorama de los cuerpos de agua. En mayo de 1999 se mantenía una cobertura del lirio del 37.78%, casi igual que al inicio pero ya con cambios sustanciales en las características del lirio, los cuales se reflejan en el 2000. En octubre, aunque se tenía una infestación del 33.6 ha (15.08%), cinco de los diques estaban completamente limpios y los otros tres mostraron grandes reducciones y daño de lirio irreversible. Ya en julio de 2001 se reportaban 5 ha, pero al final prácticamente ya no se tenía lirio en ningún dique. Se eliminaron así las 88 ha infestadas.

Si se considera una densidad promedio de 48 lirios/m² y de 42.2 kg/m² encontrados al inicio del programa en 1998, los insectos, al reducir 88 ha infestadas, eliminaron 42.24 millones de plantas de lirio con un peso de 37.17 toneladas.

En la Gráfica 19 se observa claramente el proceso de control. Se llega al punto en que la población de insectos es tal que el daño es irreversible y se da el control, aparentemente intempestivo, por lo rápido y contundente. El proceso de reproducción y propagación fue incluso en menor tiempo que el obtenido en el DR 010, en Culiacán, probablemente influido por el efecto del ciclón.

En el dique 3 se realizó una acción colateral de control manual para dar empleo a los productores, lo cual generó cierta incertidumbre del control biológico, pero los resultados globales disiparon cualquier duda que pudo haber existido.

No obstante los resultados obtenidos, la Conagua decidió en 2000 suspender el apoyo a este programa y el IMTA tampoco siguió. Afortunadamente, el personal que se capacitó en el distrito continuó con el seguimiento y la supervisión y, de esa manera, se documentó el impacto obtenido. Conforme pasaron los años, los resultados e impactos logrados se han consolidado al constatarse que se ha mantenido el control del lirio hasta la fecha (2013).



Gráfica 19. Reducción de lirio acuático en los diques del DR 018.

La experiencia en el DR 018 es la segunda en el ámbito nacional que reafirma lo logrado en los DR 010 y 074 en Sinaloa. El control biológico del lirio, mediante los neoquetinos como agentes de control biológico, es eficiente, efectivo, altamente redituable y benéfico para los productores y la sociedad en general

4.2.7 Impacto del control biológico

La eficiencia y eficacia de los neoquetinos como agentes de control del lirio acuático quedó comprobada en este distrito, reafirmando plenamente el éxito logrado en el DR 010 y el DR 074. Su impacto y beneficios han sido igualmente impactantes e importantes para el funcionamiento del distrito.

4.2.7.1 Superficie bajo control

El método de control biológico del lirio con los neoquetinos simple y sencillamente resolvió el problema de operación y conservación al que se enfrentaban periódicamente los técnicos del distrito de riego. Se convivía con la infestación de lirio todo el año y se combatía mecánicamente en las retenidas, ocasionando deficiencia en el manejo

del agua en la red del canal principal y altos costos de conservación que provocaba la infestación. Se eliminó toda la infestación de lirio, que era de 88.6 ha en los ocho diques. La superficie era pequeña, en comparación a los registrados en los DR 010 y DR 074, pero sus efectos negativos eran muy serios y severos en la conservación y operación del distrito.

4.2.7.2 Económico

Se estima que en este distrito, con el programa de control biológico en el periodo de 1998 a 2000, tuvo un costo de alrededor de un millón y medio de pesos (a precios de 2005). De no realizarse el control biológico, las autoridades del distrito hubiesen tenido que convivir con este problema año con año, realizando permanentes gastos para su combate.

Para tener una comprensión del impacto económico en la eliminación de 88 ha de lirio, de haberse tenido que hacer por medios mecánicos desde 2000 hasta 2012, hubiesen tenido que eliminar toda la superficie en 88 ha y repetir ese procedimiento mecánico, por la reinfestación del lirio, por lo menos cada tres años.

Considerando el costo de control mecánico promedio por extracción o trituración de

\$15,000/ha de lirio (a precios de 2005), para lograr el control de 88 ha en el 2000 el costo sería de 1.32 millones de pesos. Es decir, desde el primer control mecánico se recupera el 86,6 % de los gastos.

Mantener libre de lirio, desde ese año 2000 al 2013 implicaría, al menos, cuatro combates mecánicos con un costo de 5.28 millones de pesos (a precios de 2005). El programa de control biológico en del DR 018 resultó así una inversión de gran éxito que perdura hasta la fecha (diciembre de 2013). Lo sorprendente es que de continuar el control biológico los beneficios se pueden incrementar en los siguientes años.

El hecho de que se tenga personal técnico que vivió esta experiencia y obtuvo capacitación al respecto, le ha permitido al distrito darle cierto seguimiento y continuidad al control del lirio, pero sigue existiendo el riesgo de perder estos logros si no se consolida este proceso y si no se refuerza con una capacitación y estrategia de seguimiento permanente.

Es recomendable que las propias autoridades del distrito afinen un programa de control biológico como parte de su programación anual, que les asegure un beneficio permanente e impida que se pierda todo lo logrado.

4.2.7.3 Ahorro de agua

Sin entrar en detalles, se hace un análisis del impacto generado por la reducción del lirio y el mantenimiento de los cuerpos de agua libres de lirio.

Tomando en consideración, como en el caso del DR 010, que por efecto de la transpiración del lirio se pierde al menos una cantidad igual de agua al año que por efecto de la evaporación, en este distrito se registra una evaporación de 38,078 m³/ha/año. Bajo esas condiciones, se estima que se perdía por la transpiración de 88 ha de lirio alrededor 3.35 millones m³/año

El resultado se magnifica por sí solo por su impacto al paso de los años. Pues cada año que

se mantuvo libre de lirio se ahorró esa cantidad de agua, así que después de 12 años, desde el 2000, que se mantienen sin lirio los embalses de este distrito, se ahorraron 40.1 millones de m³ de agua.

Con ese volumen de agua ahorrado, se podrían cultivar alrededor 6,382 ha de maíz (se estiman 6,300 m³ de agua/ha de maíz), lo que representa el 36% de la superficie cosechada del distrito en el año agrícola 2008-2009 (17,447 ha). Durante las décadas anteriores en que convivieron con el lirio, esos volúmenes de agua se perdían de forma irremediable, sin que los propios productores y técnicos repararan en este fenómeno.

Por otra parte, con la presencia del lirio los problemas de agua en las épocas de sequía o inundaciones se recrudecen y sin que se perciba, lo cual repercute en grandes perjuicios para la región. El ahorro del agua debe ser otro motivo de reflexión para invertir en la continuidad del control y manejo del lirio por medios biológicos.

4.2.7.4 Distribución del agua y producción de los cultivos

El lirio reduce la capacidad de conducción ya que impide la adecuada distribución de agua y, por lo tanto, impacta en los tiempos de riego. Sin la presencia del lirio se obtiene una mejor conducción del agua, lo cual asegura su distribución en forma oportuna. Esto incide en la producción y productividad de los cultivos, que se refleja en un mayor ingreso económico, que es muy importante y significativo para el bolsillo de los productores. Este beneficio no lo percibe el grueso de los productores, pero sí los encargados de combatir la maleza y la distribución del agua.

La presencia del lirio en los cuerpos de agua agrava aún más los problemas de lluvias torrenciales ocasionadas por fenómenos meteorológicos, como los ciclones. Aunque no se tienen datos para valorarlo económicamente, es importante hacer notar que se evitan muchas dificultades y gastos por los daños que se causan.

4.2.7.5 Pesca, ambiente, recreación y salud

La ausencia de lirio acuático estimula la productividad primaria de los embalses, con el incremento consecuente de diversas especies dulceacuícolas que favorecen las actividades pesqueras, recreativas e incluso turísticas.

Por otro lado, al eliminar los enormes tapetes de lirio se combate el hábitat de animales y plagas como los mosquitos, transmisores de numerosas enfermedades que afectan a todos los pobladores aledaños a estos cuerpos de agua.

4.2.8 Difusión de resultados en el DR 018

Desde la liberación de neoquetinos en la infraestructura de riego de este distrito, se ha mantenido una comunicación constante con el

personal técnico que se capacitó desde julio de 1998, y que se constituyó como contraparte de los especialistas del IMTA.

En todo este tiempo se organizaron reuniones de información sobre los avances del programa de control biológico de lirio acuático, en las cuales participaron técnicos de campo, responsables de los DR 018, Colonias Yaquis, y del 041, Río Yaqui, productores de la región y, en alguna ocasión, investigadores del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Paralelamente, se realizaron recorridos de campo, primero para que se conociera a los neoquetinos y, después, para mostrar su establecimiento, expansión y daño que provocaron sobre el lirio acuático (Fotografía 76).

Afortunadamente, en este distrito ha quedado personal técnico que se capacitó en servicio y, aunque no se siguió un programa definido, ha estado pendiente del proceso de control biológico. Esto ha permitido mantener el control biológico



Fotografía 76. Reuniones con técnicos y productores del distrito.



Fotografía 77. Infestación de la presa Chículi en 2005.

en forma estable y, desde el año 2000, todos los diques se han mantenido sin problema de lirio durante estos 13 años en forma permanente.

De cualquier manera, es muy conveniente que se establezca un programa formal para evitar que se presente la posibilidad de reinfestaciones severas de lirio y se pierdan los beneficios obtenidos anualmente con este control biológico.

4.2.9 Influencia en el DR 041, Río Yaqui, Sonora

Sólo la presa derivadora Chículi, del DR 018, Colonias Yaquis, continúa con reinfestaciones (Fotografía 77). Los diques controlados mediante agentes de control biológico permanecen sin maleza. La razón de la vigencia de este control se debe al seguimiento permanente que los técnicos de operación aún le dan a la infraestructura de riego. Las plantas de lirio que se introducen a esta derivadora son aportadas por el río Yaqui, que corresponde al DR 041, Río Yaqui, cuyas estructuras de control están adyacentes al DR 018.

La infestación severa de lirio se presenta precisamente en el DR 041 desde antes del programa realizado en el DR 018. En este distrito, el lirio acuático invade el Canal Bajo y la derivadora, provocando problemas en la operación de la infraestructura de este distrito. En el DR 041 no se desarrolló el programa de control biológico, y aunque en la presa Chículi se liberaron insectos

en la represa y en la parte de la cortina como contribución del programa de control biológico realizado en el DR 018, no se efectuó el proceso completo.

De cualquier manera, la liberación de insectos ha beneficiado al DR 041, dado que los agentes de control biológico se propagaron aguas abajo distribuyéndose en toda su red de canales, lo que contribuyó a favorecer el crecimiento explosivo del lirio en los canales.

En la presa Chículi continúan realizando el control mecánico, e incluso, el químico, que si no se realiza de una manera planificada, se contrapone al desarrollo del insecto inhibiendo prácticamente su efecto de control. De esta manera, aunque se ha reducido el problema de lirio en el DR 041, no se ha logrado tenerlo bajo control.

Las autoridades han buscado, mediante el control mecánico, químico y en parte con el biológico (que se llevó a cabo como parte del DR 018), controlar el lirio. Desafortunadamente no siguieron un adecuado programa, lo cual no les ha permitido mantener apropiadamente ese control. Aunque hay avances, no hay una clara estrategia; sólo se combate el lirio en forma cíclica y permanente, como lo han hecho por décadas.

El control biológico se puede manejar con otros métodos o integralmente, pero el control biológico debe ser la base y fundamento del control; de lo contrario, el empleo de estos métodos reducen o incluso inhiben efecto de control de los neoquetinos.



CONCLUSIONES



- Los insectos curculiónidos *Neochetina bruchi* (Hustache) y *N. eichhorniae* (Warner), conocidos genéricamente como neoquetinos, son eficientes controladores de lirio acuático [*Eichhornia crassipes* Mart. (Solms)].
- El neoquetino es un insecto que depende del lirio acuático para realizar su ciclo de vida y no tiene otra posibilidad de desarrollarse ni de afectar a ningún cultivo. No afectan los cultivos ni otras plantas y son seguros con el ambiente.
- A diferencia de los controles químicos y mecánicos, el control biológico no presenta efectos negativos para el hombre, los cultivos o el ambiente. De hecho, al poner en contacto al agente de control con su hospedera, se refuerza el equilibrio ecológico. Por esta razón, a diferencia de los controles químicos o mecánicos, el control biológico no busca eliminar o erradicar la maleza que está provocando el problema, sino mantenerla dentro de un umbral que limite o impida daños en la conducción del agua.
- Las parcelas demostrativas representan un instrumento metodológico y estratégico de gran utilidad. Permitieron acortar los períodos de control al manejar las densidades de insectos/planta en superficies controladas y reducidas, con la intención de mostrar su efectividad, principalmente a los usuarios, funcionarios, técnicos y población en general que desconocían o desconfiaban de la capacidad de los neoquetinos como agentes de control de lirio acuático. Las parcelas también le dieron pauta a la investigación a este proceso de control biológico por parte de estas dos especies.

- Mediante un programa de control biológico empleando los neoquetinos, es factible eliminar más del 85% del lirio acuático en un lapso de dos a tres años, después de las liberaciones abiertas.
- Mediante este control biológico se eliminó más del 90% de infestación de lirio que afectaba dos presas de almacenamiento, dos presas derivadoras y diez diques del sistema Culiacán Humaya del DR 010 y DR 074, y más del 95% de las infestaciones de lirio de los nueve diques atendidos del DR 018.
- El programa de control biológico de maleza en distritos de riego, iniciado por el IMTA en el año 1991 culminó en estos dos distritos en el 2000 cuando en todos los cuerpos de agua del programa se había reducido la población de lirio a menos del 5% de su espejo de agua. Todos los cuerpos de agua atendidos de estos tres distritos estaban completamente libres de problema de lirio.
- Con este método de control biológico, además de la reducción de lirio es factible mantener bajo control a la población de lirio con coberturas menores al 10% por varios años continuos manteniendo un equilibrio ecológico benéfico al hombre.
- Como efecto fundamental del programa de control de lirio acuático desarrollado por el IMTA (1991 a 2000), en los distritos se evitaron las reinfestaciones de lirio durante varios años continuos y, en la mayoría de los cuerpos de agua, se ha mantenido ese control hasta el año 2013. En los cuerpos de agua de los DR 010 y DR 074, excepto el dique Mariquita, el dique Arroyo Prieto y la presa Adolfo López Mateos, el control se ha mantenido por 16 años continuos. En el caso del DR 074 se ha logrado mantener libre de problemas de lirio a todos los diques por 13 años continuos, hasta la fecha.
- La inversión en el control biológico del lirio significa, a mediano y largo plazo, el ahorro de importantes cantidades de recursos en el mismo programa de conservación, así como muchos beneficios colaterales en las actividades de pesca, recreación, turismo, salud, ecología e incluso contemplativa, como ha quedado demostrado en estos distritos. Estos beneficios convierten a este control como el único método de control rentable.
- Los cuerpos de agua de los distritos viven el constante el riesgo de reinfestarse de lirio principalmente por semilla y por acarreo de la planta, aguas arriba como ha ocurrido en varios cuerpos de agua del DR 010. Para evitar estos riesgos y perder todo los logros alcanzados es imperativo desarrollar un programa permanente de control biológico del lirio acuático en estos distritos de riego.
- La metodología y estrategia aplicadas con excelentes resultados descansa sobre un esquema de participación de todos los involucrados: autoridades, productores y técnicos de los distritos y módulos de riego. El distrito se convierte así en un inmenso laboratorio donde se prueban y validan las diferentes metodologías y estrategias a la vez que se resuelve el problema que representa el lirio acuático.
- La coordinación del IMTA con institutos, centros de investigación y universidades locales, regionales e internacionales ha sido fundamental para alcanzar los objetivos planteados y para la formación y capacitación de cuadros técnicos locales que le dan seguimiento al control biológico de lirio acuático, sobretodo, porque el método del control biológico tiene poco tiempo de implementarse.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos en el DR 010, DR 074 y DR 018 representan las primeras experiencias exitosas del uso de neoquetinos como agente de control biológico del lirio de los distritos de riego en México.



RECOMENDACIONES



Es conveniente que el IMTA retome el programa de control de maleza acuática en distritos de riego iniciado en la década de 1990 bajo este esquema de trabajo conjunto entre productores, técnicos y autoridades.

Con el fin de evitar reinfestaciones de lirio, una vez iniciado el control biológico con neoquetinos en los distritos y módulos de riego, independientemente de que se continúen empleando otros métodos de control, se debe favorecer el desarrollo poblacional de los insectos para que no se reduzca o inhiba su efecto de control.

Para reducir y controlar el lirio acuático en el corto, mediano y largo es indispensable que la CONAGUA incluya el método biológico en el Programa de Conservación anual de los distritos y los módulos de riego.



BIBLIOGRAFÍA



- Aguilar, Z.J.A. (1993). "Estudio para el control de lirio acuático en el Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo". Anexo No. 6 en: Informe Final del Proyecto RD-9310 *Evaluación de equipo ligero de conservación y control integral de Hydrilla*. IMTA. Progreso, Morelos. 42 pp.
- _____. (1994). "Control de lirio acuático en el distrito de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo". Anexo No. 2 en: Informe final del Proyecto RD-9406 *Control de maleza en canales y drenes en los distritos de riego*. 80 pp.
- _____. (1995). "Control biológico de maleza acuática en los distritos de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, y 074, Mocorito, Sin.". Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto RD 9508 *Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego*. 78 pp.
- _____. (1996). "Control biológico de maleza acuática. Una experiencia en Sinaloa". Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto RD-9609. *Programa de control biológico de lirio acuático en los distritos de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, y 074, Mocorito, Sinaloa*. 107 pp.
- _____. (1997). "Control biológico de lirio acuático en los distritos de riego 010 y 074, Culiacán, Sinaloa". Informe final del Proyecto RD-9703. *Control de maleza en canales y drenes de los distritos de riego* 39 pp.
- _____. (1998). "Seguimiento al Programa de control biológico de maleza acuática en los distritos de riego 010 y 074, Sinaloa". Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto RD-9821 *Control de maleza acuática en distritos de riego*. 53 pp.
- _____. (1998). "Establecimiento y evaluación de las especies *Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae* (neoquetinos) para el control del lirio acuático en el Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis, Sonora". Anexo No. 2 en: Informe final del Proyecto RD-9821 *Control de maleza acuática en distritos de riego*. 53 pp.
- _____. (1999). "Control biológico de maleza acuática en los Distritos de Riego 010, 074 y 018". Anexo No. 1, en: Informe final del Proyecto RD-9907 *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Jiutepec, Morelos. 34 pp.
- _____. (2000). "Control de maleza acuática en los Distritos de Riego 010, 074 y 018". Anexo No. 1, en: Informe final del Proyecto RD-2009 *Control de maleza acuática en canales y drenes de los Distritos de Riego*. Jiutepec, Morelos. 35 pp.
- _____. (2001). "Reseña histórica de las acciones, resultados e impactos de la gestión del Programa de control de maleza acuática en el DR 018". Anexo No. 2, en: Informe final del

- Proyecto sin registro. *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Jiutepec, Morelos. 26 pp.
- 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.
- _____. (2003). "Validación del control biológico de lirio acuático en la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), Puebla, México". XII Congreso Nacional de Irrigación. Del 13 al 15 de agosto de 2003 Zacatecas, Zac.
- _____. (2003). "Control biológico de lirio acuático [*Eichhornia crassipes* (Mart. Solms)] en la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), Puebla, México". (Fase de validación). XXIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Del 10 al 12 de noviembre de 2003. Manzanillo, Col.
- _____. (2004). "Impacto de los neoquetinos [*Neochetina bruchi* (Hustache) y *N. eichhorniae* (Warner) Coleoptera: Curculionidae] sobre el lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) en el Distrito de Riego 018, Colonias Yaquis, Sonora, México". XXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Del 10 al 13 de noviembre de 2004. Los Mochis, Sin.
- _____. (2004). "Control biológico de lirio acuático [*Eichhornia crassipes* (Mart. Solms)]: diez años de experiencias de la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)". XXV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Del 15 al 17 de noviembre del 2004. Ajijic, Chapala, Jal.
- _____. (2005). "Los insectos [*Neochetina bruchi* (Hustache) y *N. eichhorniae* (Warner)] como agentes de control biológico de lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.). Una experiencia en el Distrito de Riego 018, Colonias Yaquis, Sonora, México. XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) y I Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas. Del 8 al 11 de noviembre de 2005. Varadero, Matanza Cuba.
- _____. (2005). "Balance y perspectivas del control biológico de lirio acuático en la infraestructura de riego". XXVI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Del 16 al 18 de noviembre del 2005. Ciudad Victoria, Tam.
- 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.
- Aguilar, J.A. Camarena, M. O. Vega, N. R. y Bojórquez, B. G. (2005) "Doce años de gestión del IMTA en el combate y control de lirio acuático en infraestructura de riego. Balance y perspectivas". XIII Congreso Nacional de Irrigación. Del 20 al 22 de octubre de 2005. Acapulco, Gro.
- 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.
- 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.36 I. 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 restructuración 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.
- Bauml J. A. 1979. A study of the genus *Hymenocallis* (Amarillidaceae) in Mexico. Thesis of the Faculty of Graduate School of Cornwell University. Degree of Master Science.
- Beasley M. (1991). *Reliability for Engineers: An Introduction*. Mac-Millan Education LTD. Houndmills, Basingstoke, London
- Bojórquez, B.G.; Aguilar, Z.J.A. et al 1998. Informe Final Anexo ocho, Convenio UAS- IMTA. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Culiacán, Sin. 100 p.
- _____. (1999). Informe Final del Anexo once. Convenio UAS-IMTA. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Culiacán, Sin. 90 pp.

- _____ (2000). "Estudio, descripción y documentación del impacto provocado por los agentes de control biológico (*Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae*, *Ctenopharyngodonidella* y diversos hongos), sobre lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*), cola de caballo (*Potamogeton pectinatus*), zurrapa (*Najas guadalupensis*), y tule (*Typhadomingensis*)". Informe Final del Anexo 16. Convenio-UAS-IMTA. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Culiacán, Sin. 90 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. (1991). *Programa de Control Mecánico de Lirio Acuático*. Informe Final de proyecto. CNA. IMTA. CIECCA. México, D. F.
- Calderón, A. G.; Ángeles, J. L. (1971). Estudio del lirio acuático (*E. crassipes*) (Mart) Solms. en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Comisión Forestal del estado de Michoacán. 48 pp.
- Camarena, O.; Aguilar, J. A. y Vega, R. (1994). *Control integral de maleza en canales y denes 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.
- _____ 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.
- _____ Lomelí, J. (1998). *Control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-9821 y 4 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- _____ Lomelí, J. 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.
- _____ 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.
- _____ Lomelí, J. y Espinoza, R (2000) *Seguimiento y control de maleza acuática en distritos de riego*. Informe final de Proyecto RD-2000 y 3 Anexos. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento
- _____ Lomelí, J. (2000) *Control integral de maleza acuática en distritos de riego*. 2^{da} Edición. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.
- _____ (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. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento.
- _____ (2002) *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.
- 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.
- Center, D.T; 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.
- Center, D. T; 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.
- Center, D. T; Cofrancesco, A. F. and Balciunas, J.K. (1984). "Dispersal variation in infestation intensities of waterhyacinth moth, *Sameodes alboguttalis* (Lepidoptera: Pyralidae), populations in Peninsular Florida". *Environmental Entomology*. Vol. 13, No. 2. Fort Lauderdale, Florida, U. S. A.
- _____ (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 Agriculture
- 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
- Center Ted D, Dray F. A. & Vandiver V.V. *Biological control with insects: The Waterhyacinth Weevils*. <http://hammock.ifas.ufl.edu/txt/fairs/2125>.
- Center, D. T; 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. A.
- Center, D. T.; 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, U. S. A.
- DeLoach, C. J. & Cordo, A. H. (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.
- _____ (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. Bagoini). 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.
- _____ (1990). *Control mecánico de lirio acuático en México. Opinión técnica*. México, D. F. 5 pp.
- 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.
- 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
- Flory, W.S. 1978. Known distribution of *Hymenocallis Salisb.* in North and Middle America and the West Indies. *Pl. life* 34: 47-59.
- Gangstad, E. O. and Ronald A. S. (1987). *Environmental management of water projects*. Boca Raton (US), CRC. 158 pp.
- 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.
- Hamdy A. Taha, (1992). *Investigación de Operaciones*. Edit. Alfaomega. 5a. ed. México, D.F.
- Harley, K. L. S. (1990). The role of biological control in the management of water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Biocontrol News and Information* 11 (1) 11-22. 1990. U.S.A.
- Holm, L. G. et al. (1977). The World's worst weeds: distribution and biology. University Press, Hawaii, Honolulu. p 72-77 USA.
- Howard, T.M. 1978. New *Hymenocallis* species from Mexico. *PL. life*. 34: 61-65.
- IPTRID. CNA/IMTA (1991). Mexico proposal for technology research in irrigation and drainage. UNDP. World Bank, december 1991.
- Irving, N. S. (1981). *ODA/Sudan government waterhyacinth biological control programme*. January 1979-March 1981. Final Report.
- Irving, N. S. y Beshir. M. O. (1982). Introduction of some natural enemies of water hyacinth to the White Nilo, Sudán. *Tropical pest management*. 28: 20-26.
- 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. (1988). "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.
- Knipling, E. B., S. H.; West and W. T. Haller. (1970). "Growth characteristics, yield potential, and nutritive content of water hyacinths". *Proceedings*, 30: 51-63 (Contributed paper (Soils and crops) J. G. A. Fiskeil, Presiding).
- Kucera, Clair. L. (1976). *El reto de la ecología*. Ed. CECSA.
- Labrada, R.; Caseley & Parker, C. (1994). *Weed management for developing countries*. FAO. Plant production and protection. Paper 120. Rome. Italy.
- Lara, H.J. e I. S. Franco M. 1988. Estrategia de control del mosquito (*Culex* spp y *Culiseta* spp.) y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en la presa Endhó. SEDUE.
- 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.
- Macías G., et al (1997). Incorporación de nutrientes por el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Fonte: Guadalajara; SARH; 26 p.
- Mariaca, M. R. (1993). Mecanoescrito.
- 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.

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

- 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 eutroficación 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*. Memorándum Técnico No. 339. México (MX). SRH. 25 pp.
- 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*. Memorándum 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*. Memorándum 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.
- 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 (1980). *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.
- Odum, E. P. (1972). *Ecología*. 3ª edición. Ed. Interamericana. S.A. de C.V.
- 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.
- Paul A. T. and David C. T. (1995). *Applied Reliability*. Van Nostrand Reinhold. 2a. Edición. E. U.
- Pave, A. and Pagnotte. Y. (1976). *An approach to computer-aided design: A tool for mathematical modelling in biology an ecology*. Company Biol. Med. Pergamon. Press. 1007. Vol. 7. pp. 301-210. Great Britain.
- Penfound, W. and T. Earle. (1948). *Biology of the waterhyacinth*. Ecol. Monog. 18: 447-472. http://www.apms.org/japm/vol29/v29_p45.pdf.
- Pérez, P. A., Aguilar Z. J. A. y Andrade D. B. (1995) "Control biológico del lirio acuático en el Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, en Sinaloa". Informe final Anexo siete del convenio IMTA-El Colegio. Montecillos, Estado de México.
- Pieterse, A.H. (1978). The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – a review. *Abstracts. Tropical Agriculture* 4(2), 9-42.
- 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.
- Ramírez L. J. (2000). *Informe de comisión técnica. México. IMTA. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Operación y Mantenimiento (16-febrero-2000*
- 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.
- Sagardoy, J. A; Bottrall, A. and Uittenbogaard, G.O. (1991). *Organización, operación y mantenimiento de los sistemas de riego*. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 40.
- 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.

Métodos y resultados

- Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- Sculthorpe, C. (1967). *The biology of aquatic vascular plants*. London. Edward Arnold. 610 p.
- 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.
- Stewart, M.R. and Boyd, A.W. (1992). *User's Manual for Insect (Version 1.0); A simulation of waterhyacinth plant growth and Neochetina weevil development and interaction*. Department of the Army. Aquatic Plant Control. Research Program. U.S. Army Corps of Engineers. Report A-92-1 U.S.A.
- 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.
- West, Robert. y Armillas, P. (1950). Las chinampas de México. Poesía y realidad de los "jardines flotantes". En Cuadernos Americanos. Núm. 50 pp 162-182. México.
- 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.
- Wolverton, W.C. and McDonald, R. C. (1979) The water hyacinth: From prolific pest to potential provider. *Ambio* 8:2-9, 1979.
- Wright, A. D. (1981). Biological control of Waterhyacinth in Australia. In Proceedings of the 5th International Symposium on Biological Control of Weeds. 22-29 July, 1980. Brisbane (Edit. ES Delfosse). pp 529-535. Csiro, Melbourne.
- 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.



SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

