

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



Ovidio Camarena Medrano

José Ángel Aguilar Zepeda



Fig.1 Neochetina

Editores

M. C. Ovidio Camarena Medrano

M. C. José Ángel Aguilar Zepeda

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

Volumen II:

Distrito de Riego 024 Ciénega de Chapala, Michoacán

Distrito de Riego 061 Zamora, Michoacán

Distrito de Riego 030 Valsequillo, Puebla

Líneas de Investigación

Coordinación de Riego y Drenaje

IMTA

México, 2014

632.5072 Camarena Medrano, Ovidio
C12 Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos
en distritos de riego. volumen II / Ovidio Camarena Medrano y José Ángel Aguilar Zepeda.
Jiutepec, Mor. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2014.
116 p.

ISBN: 978-607-7563-90-7 (Obra completa)
ISBN: 978-607-9368-16-6 (Volumen II)

I. Lirio acuático 2. Control biológico 3. Neoquetinos 4. Distritos de riego
I. Camarena Medrano, Ovidio II. Aguilar Zepeda, José Ángel

Coordinación editorial
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Coordinación de Comunicación, Participación e Información
Subcoordinación de Vinculación, Comercialización y Servicios Editoriales

Portada
Oscar Alonso Barrón

Diseño editorial:
Gema Alín Martínez Ocampo

Autores:
M. C. Ovidio Camarena Medrano
M. C. José Ángel Aguilar Zepeda

Colaboradores en el 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: 2014
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: 978-607-9368-16-6 (volumen II)

Comisión Nacional del Agua

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 Mocorito	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 Jara Valenzuela, 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. 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	
Facultad de Agronomía	Dra. Virginia Vargas Tristán.
Universidad Autónoma de Sinaloa	
Facultad de Agronomía	Dr. Germán Bojórquez Bojórquez.
Coordinación y Apoyo Internacional	
ARS Invasive Plant Research, Florida, USA	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.

Índice

Prólogo	1
1. Introducción	3
2. Objetivos	5
3. Métodos y resultados	7
3.1. Distrito de Riego 024, Ciénega de Chapala, Michoacán	8
3.1.1 Caracterización	8
3.1.2 Equipo de trabajo y programa de trabajo	14
3.1.3 Parcelas demostrativas	14
3.1.4 Liberación abierta	20
3.1.5 Otros sitios del DR 024	26
3.1.6 Seguimiento	28
3.1.7 Nuevos proyectos	29
3.1.8 Impacto	32
3.2. Distrito de Riego 061, Zamora, Michoacán	34
3.2.1 Caracterización	34
3.2.2 Programa de control biológico y liberación abierta	41
3.2.3 Seguimiento	44
3.2.4 Impacto del control biológico	46
3.3. Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo)	50
3.3.1 Caracterización	50
3.3.2 Parcela demostrativa	56
3.3.3 Liberación abierta de agentes de control	66
3.3.4 Impacto control biológico	70
3.4. Líneas de investigación	72
3.4.1 Índice de crecimiento del lirio	73
3.4.2 Crecimiento del insecto	77
3.4.3 Correlación de insectos y las mordeduras en las hojas	80
3.4.4 <i>Niphograptus albiguttalis</i> (Warren). Otro agente de control	83
4. Conclusiones	87
5. Bibliografía	91

Índice de fotos

Foto 3.1 Infestación característica del DR 024.	12
Foto 3.2 Equipo de trabajo. DR 024.	13
Foto 3.3 Revisión de lirio acuático.	14
Foto 3.4 Instalación de la parcela experimental. DR 024.	16
Foto 3.5 Evaluación de la población de plantas e insectos.	20
Foto 3.6 Liberación de neoquetinos	21
Foto 3.7 Evaluación periódica de lirio y neoquetinos	23
Foto 3.8 Presa Jaripo infestada de lirio al 50% (1998).	27
Foto 3.9 Presa Jaripo después del control biológico (2000).	27
Foto 3.10 Reinfestación de lirio. Presa Jaripo (2005).	29
Foto 3.11 Evaluación de lirio y neoquetinos. Mayo de 2012.	30
Foto 3.12 Infestación severa del DR 61.	40
Foto 3.13 Liberaciones abiertas. Presa Urepetiro.	43
Foto 3.14 Infestación de lirio en la Presa Urepetiro. (20 de octubre, 1999).	44
Foto 3.15 Control biológico del lirio. Presa Urepetiro. (2000).	47
Foto 3.16 Reinfestación de la presa (2003).	57
Foto 3.17 Infestación de lírio. Presa Urepetiro (2005).	57
Foto 3.18 Infestación de lirio en la presa Valsequillo.	58
Foto 3.19 Colecta de insectos.	59
Foto 3.20 Establecimiento de parcelas.: Zacachimalpa y San Baltazar Tetela	59
Foto 3.21 Evaluaciones periódicas.	60
Foto 3.22 Resultado de las parcelas.	63
Foto 3.23 Liberaciones abiertas en la presa.	66
Foto 3.24 Evaluaciones periódicas en la presa Valsequillo.	67
Foto 3.25 Rastros de las mordeduras de insecto en el lirio.	68
Foto 3.26 Reinfestación después del control mecánico (2004).	71
Foto 3.27 Parcela experimental del crecimiento de lirio.	73
Foto 3.29 El pirálido Niphograptá.	83
Foto 3.30 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (a)	84
Foto 3.31 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (b)	85
Foto 3.32 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (c)	85

Índice de cuadros

Cuadro 3.1 Características de los módulos	9
Cuadro 3.2 Usuarios y superficie regada. Fuente: México, SARH. Conagua. (2013)	9
Cuadro 3.3 Padrón de cultivo. DR 024 Ciénega de Chapala. (2011-2012). Fuente: México, SARH. Conagua. (2013)	11
Cuadro 3.4 Diseño experimental	16
Cuadro 3.5 Parcela demostrativa-experimental.	18
Cuadro 3.6 Liberación abierta de neoquetinos. DR 024	22
Cuadro 3.7 Evaluación del control biológico. Presa Jaripo	25
Cuadro 3.8 Control biológico de lirio. Dique Jaripo.	26
Cuadro 3.9 Módulos de riego. DR 061. Fuente: Reglamento para la operación, conservación, mantenimiento y administración de la infraestructura y los bienes concesionados del Distrito de Riego 061 Zamora.	36
Cuadro 3.10 Red de canales.	37
Cuadro 3.11 Red de drenaje.	37
Cuadro 3.12 Padrón de cultivos. DR 061 Zamora (2011-2012).	39
Cuadro 3.13 Sitios de liberación. DR 061.	41
Cuadro 3.14 Condición inicial a la liberación de insectos (a). Presa Urepetiro.	45
Cuadro 3.15 Condición inicial a la liberación de insectos (b). Presa Urepetiro.	45
Cuadro 3.16 Capacidad de la presa Valsequillo.	55
Cuadro 3.17 Padrón de cultivos. DR 030 (2011-2012)	56
Cuadro 3.18 Resultados de la parcela experimental.	61
Cuadro 3.25 Resultados de la parcela experimental. (Continuación)	62
Cuadro 3.19 Liberaciones abiertas. Presa Valsequillo.	66
Cuadro 3.20 Diseño experimental.	73
Cuadro 3.21 Incrementos del número de plantas y biomasa.	74
Cuadro 3.22 Tasa de crecimiento del número de lirios.	74
Cuadro 3.23 Crecimiento del número de plantas. Parcelas.	75
Cuadro 3.24 Relación mordedura-neoquetinos.	81

Índice de figuras

Figura 3.1 Principales ecorregiones acuáticas de México. Centroamérica, Norte de Colombia y Antillas Mayores. (Tomado y modificados desde TNC/WWF 2013).	9
Figura 3.2 Localización del DR 061 Zamora, Michoacán.	35
Figura 3.3 Localización. Presa Valsequillo.	51
Figura 3.4 Imagen satelital de la presa. Fuente: INEGI, 2000.	52
Figura 3.5 Numerosas comunidades bordean la presa.	54

Índice de gráficas

Gráfica 3.1 Comportamiento de neoquetinos adultos. Parcela experimental.	17
Gráfica 3.2 Infestación característica del DR 024.	19
Gráfica 3.3 Comportamiento del insecto. Presa Jaripo	24
Gráfica 3.4 Reducción del lirio por control biológico.	47
Gráfica 3.5 Capacidad de la presa Valsequillo (1993-2000).	55
Gráfica 3.6 Comportamiento de los insectos adultos en parcelas.	64
Gráfica 3.7 Comportamiento del lirio, según la densidad inicial del insecto.	65
Gráfica 3.8 Mordeduras, de acuerdo con la densidad de insectos inicial.	65
Gráfica 3.9 Comportamiento de la población de insectos.	69
Gráfica 3.10 Registro de las huellas de las mordeduras.	70
Gráfica 3.11 Crecimiento del número de plantas. Parcelas.	75
Gráfica 3.12 Incremento de biomasa, según las plantas iniciales.	76
Gráfica 3.13 Reinfestación del lirio posterior a un control químico.	77
Gráfica 3.14 Comparación del incremento de la densidad de neoquetinos.	79
Gráfica 3.15 Curvas de la neoquetinos-mordeduras.	80



PRÓLOGO

En este volumen, el segundo del libro Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego, se presentan los siguientes casos: el Distrito de Riego 024 Ciénega de Chapala, Michoacán; el Distrito de Riego 061 Zamora, Michoacán, y el Distrito de Riego 030 Valsequillo, Puebla.

Se hace una recapitulación de las experiencias llevadas a cabo en los diferentes distritos atendidos, así como una síntesis de los logros obtenidos. También, se exponen varias líneas de estudio e investigación realizadas a lo largo del desarrollo de este proyecto.

En los distritos de riego (DR) de Michoacán, se demostró en forma experimental y en forma abierta en algunos de sus cuerpos de agua, la eficiencia del neoquetino como agente de control del lirio acuático. En el caso del DR 030 Valsequillo, Puebla, sólo se demostró en el ámbito experimental, en la presa.

Cuando se utiliza como base el método mecánico sin considerar los requerimientos del método biológico, como sucede en el DR 024 Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora, la población de neoquetinos se observa severamente reducida, al igual que su capacidad como agente de control, por lo que no se logra el control efectivo del lirio. Por ello, es determinante realizar el control biológico en forma continua y priorizar este método sobre cualquier otro para obtener la reducción y control del lirio en forma permanente.

Los costos del control biológico del lirio, a diferencia de otros métodos, resultan una inversión, ya que logra resolver el problema, máxime cuando el método y control de lirio se mantienen por varios años pudiendo ser, inclusive, de forma permanente.

Por eso, es importante entender que aunque los costos iniciales de un programa de control biológico con neoquetinos son altos, finalmente resultan ser ínfimos ante los enormes beneficios que se obtienen.

Para que se logre el control biológico de manera exitosa se requiere de una acción continua, por lo que debe existir una participación permanente tanto de los usuarios y sus organizaciones, como de las instituciones que investigan y ejecutan este método de control.

Paradójicamente, por la interrupción en la ejecución del método biológico es que, a pesar de que se ha demostrado su eficiencia en la mayoría de los distritos de riego afectados, se continúa conviviendo con infestaciones severas de lirio acuático y se recurre a combatirlo periódicamente mediante acciones aisladas, temporales y sumamente costosas

En este contexto, México ya cuenta con la metodología para reducir y controlar la población de lirio a niveles donde el lirio ya no se comporte como maleza y, por lo tanto, no afecte la conservación ni la operación de los distritos de riego.

1

INTRODUCCIÓN

El proyecto de control de maleza acuática en los distritos de riego (DR) se desarrolló desde los primeros años de la década de los noventa y generó muy buenos resultados. En particular, en el control del lirio acuático en el DR 010 Culiacán Humaya y DR 074 Mocorito, en el estado de Sinaloa.

Previamente al inicio de todas nuestras actividades, sólo se contaba con una referencia bibliográfica sobre los neoquetinos, en la que se plantea que el Centro de Estudios Limnológicos de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), en Jalisco, había hecho pruebas en un estanque cercano a Chapala y concluye que "... el uso de neoquetinos, por sí mismo, no es suficiente para obtener el control del lirio acuático..." (Romero H. y Ortiz, J. L., 1988).

En nuestro caso, según se describe detalladamente en el volumen I, los neoquetinos se

importaron de Estados Unidos de América (EUA), se mantuvieron en cuarentena y realizaron experimentos de laboratorio; fueron sometidos a condiciones de campo y se liberaron en forma abierta, en ambos distritos, entre 1994 y 1996. Al finalizar 1997, se logró un gran impacto en el control del lirio en las presas y diques.

Para validar dichos resultados en otras latitudes, en condiciones climáticas diferentes, en 1998 se consideraron los distritos de riego 024 Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora en Michoacán, además del DR 018 Colonias Yaquis, Sonora, del cual ya se dio cuenta en el primer volumen. La finalidad fue probar si se obtendrían los mismos resultados.

En estos distritos de riego de Michoacán, el lirio es casi parte ineludible de su paisaje, drenes, canales, presas y ríos. Simple y sencillamente se convive con el lirio y año tras

año se combate para que el distrito pueda operar.

En esos lugares se han realizado pruebas con herbicidas y maquinaria para eliminar el lirio, lo cual se logra pero sólo durante ciertos periodos necesarios para el funcionamiento del distrito. Poco a poco, el lirio se reproduce hasta reinfestar los cuerpos de agua y volver a repetir la operación, en forma indefinida.

Ante esta realidad, se planteó validar el uso de los insectos en estos distritos como una posible alternativa para reducir y controlar el lirio acuático, lo que parecía un objetivo inalcanzable.

Años después, en 2003, se tuvo la oportunidad de probar esta metodología de control biológico del lirio en la presa Valsequillo, Puebla, donde además de tener otras condiciones climáticas también se presentaba una muy mala calidad del agua. Las acciones se efectuaron con un carácter experimental durante un periodo muy corto; sin embargo, era necesario valorar si los neoquetinos podrían realizar el control del lirio bajo condiciones distintas. Durante estas experiencias en los distritos han surgido líneas de investigación cuyos resultados es importante presentar en este documento para que se consideren en la planeación y desarrollo de los programas de control biológico del lirio acuático.

2

OBJETIVOS

En el presente volumen se incluyen resultados de tres distritos de riego, de los seis estudiados, y diferentes líneas de investigación con el objetivo de:

- Documentar las experiencias en el control biológico de lirio acuático en la infraestructura de riego, con fines de divulgación y capacitación.
- Dejar constancia de la eficacia y eficiencia de los neoquetinos como agentes de control biológico del lirio, y también de las limitantes encontradas en los distritos de Michoacán y Puebla.
- Sensibilizar a las autoridades, técnicos y productores de las bondades del control biológico del lirio acuático en nuestro país, particularmente en sus distritos de riego.



3 MÉTODO Y RESULTADOS

Como se menciona en el primer volumen de este libro, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realiza desde 1992 un proyecto para combatir y controlar la maleza acuática en distritos de riego, en particular el lirio acuático. En dicho volumen se narran los resultados exitosos obtenidos en los distritos de riego DR 010 Culiacán Humaya-San Lorenzo (hoy nombrado sólo como Culiacán-Humaya); 074 Mocorito, en Sinaloa, y DR 018 Colonias Yaquis, en Sonora.

La reducción del lirio acuático lograda en prácticamente todos los cuerpos de agua atendidos (dos presas de almacenamiento, diez diques y tres presas derivadoras) en los DR 010 y DR 074, en Sinaloa, permitió visualizar el proyecto en el ámbito nacional y, en 1998, se decidió abordar otros distritos de riego: dos en Michoacán (DR 024 Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora) y uno en Sonora (DR 018

Colonias Yaquis). Posteriormente, en 2002, en Puebla (DR 030 Valsequillo).

Con la experiencia obtenida en el manejo de los insectos se contó con una visión más acabada del control biológico, que permitió abordar con más confianza y seguridad este proceso de control.

Se consolidó la estrategia de incluir la experiencia y los conocimientos locales, la formación de equipo de trabajo con autoridades y productores, la interacción con universidades (en este caso, se continuó con la UAS) y, desde luego, un proceso de monitoreo y seguimiento del proceso mediante medios audiovisuales.

También, se fortaleció el proceso de estudio e investigación que le da sentido al propio IMTA al buscar las mejores opciones en el manejo de los recursos naturales, particularmente del agua.

En ese sentido, se revisaron algunos procedimientos metodológicos y estratégicos y se avanzó en diferentes líneas de investigación, algunas de ellas con resultados importantes y en otras se introducen elementos que permitirán en el futuro avanzar y comprender mejor el proceso de control biológico.

En este volumen se presentan resultados generales sobre el comportamiento de las poblaciones de la maleza y del insecto y del propio proceso de control. Se espera que contribuya a futuros estudios y análisis.

Siguiendo con el estilo del primer volumen, en este segundo se presentan, para cada distrito: caracterización, desarrollo metodológico y resultados obtenidos. Finalmente, se muestran resultados de algunas líneas de investigación.

3.1. DISTRITO DE RIEGO 024, CIÉNEGA DE CHAPALA, MICHOACÁN

3.1.1 Caracterización

Este distrito se localiza al noroeste del estado de Michoacán, ocupa parte de la zona desecada del extremo oriente del lago de Chapala, Jalisco, dentro de la cuenca hidrológica del río Lerma. Está limitado al norte por la zona federal de la margen izquierda del río Duero y un tramo de la margen izquierda del río Ler-

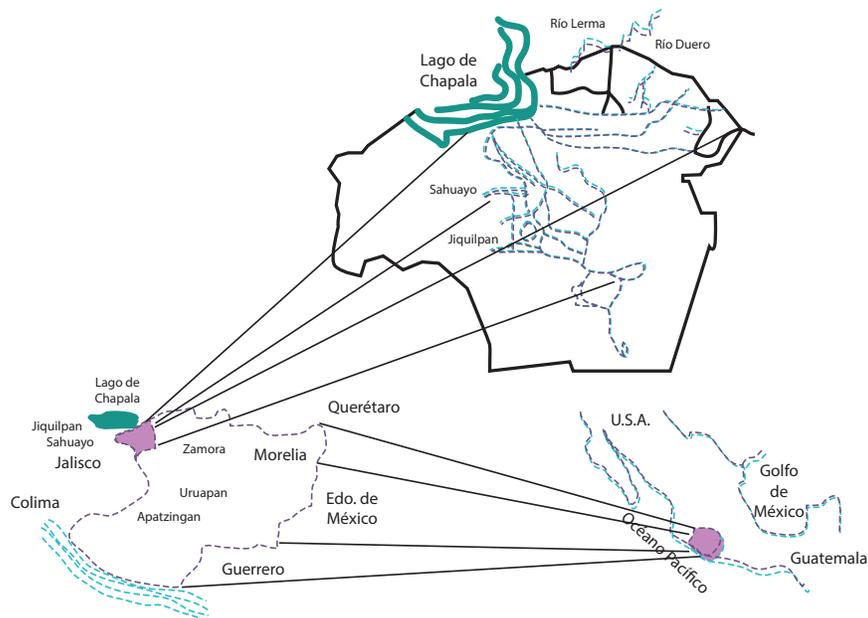
ma, que también es el límite con el estado de Jalisco; al sur lo limita la presa Tarecuato y el canal principal del mismo nombre; al oriente, la sierra de Pajacuarán y Guaracha y la zona agrícola de riego del Valle de Zamora; al poniente, está limitado por el bordo de contención del lago de Chapala, que originó la parte desecada que constituye la Ciénega de Chapala, hasta el poblado de La Palma y, a partir de este poblado, por la sierra Puerto de Rayo. Sus coordenadas geográficas del centro del distrito son: latitud 20° 10' 04"; longitud 102° 36' 40"; altitud de 1 522.80 msnm (Figura 3.1). Los terrenos que actualmente constituyen la llamada Ciénega de Chapala formaban parte del lago hasta fines del siglo antepasado.

El distrito de riego inició su operación en el año de 1936, delimitando la explotación de la zona regable con una superficie de 46 499 ha y 14 896 usuarios.

Por razones de origen, el distrito presenta una problemática muy particular: tener plantas de bombeo para regar y drenar el exceso de agua de las avenidas de los ríos Jaripo, Jiquilpan, Sahuayo y Duero en la zona de riego. Cuenta con tres presas de almacenamiento y un vaso regulador que controla las avenidas del río Duero.

Dadas las características particulares de este distrito, se tienen instaladas 16 plantas de bombeo que drenan los escurrimientos y ave-

Figura 3.1 Principales ecorregiones acuáticas de México. Centroamérica, Norte de Colombia y Antillas Mayores. (Tomado y modificados desde TNC/WWF 2013).



Cuadro 3.1 Características de los módulos

Núm.	Módulo	Usuarios (Núm.)	Superficie (ha)
1	La Palma de la Ciénega	6 810	19 940
2	Cumuato	3 576	9 903
3	Ballesteros de San Cristóbal	4 510	13 875
Totales distrito		14 896	43 718

Cuadro 3.2 Usuarios y superficie regada. Fuente: México, SARH. Conagua. (2013)

Concepto	Ejidal	Privada	Total
Usuarios (Núm.)	4 103.0	339.0	4 442.0
Superficie regada (ha)	12 267.5	2 332.5	14 600.0
Volumen distribuido (miles m ³)	85 047.2	11 961.1	97 008.3
Lámina bruta (cm)	69.3	51.3	120.6

nidas de los ríos en una longitud de 622 km de drenes; además, se cuenta con 410 km de canales principales, primarios y secundarios, que cubren la superficie dominada de 43 718 ha. También, se tienen 780 km de caminos que comunican a los poblados y cabeceras municipales de nueve municipios, además de contar con 1 250 estructuras.

Las fuentes de abastecimiento del distrito son siete, las cuales presentan una gran interrelación para su correcto funcionamiento. Dichas fuentes son las presas Tarecuato, con una capacidad de 1.1 millones de m³; Jaripo con una capacidad de 10.2 millones de m³, y Guaracha, con 40.2 millones de m³; y las plantas de bombeo Abraham Guerra (lago de Chapala), Pajacuarán (drenaje interno), Río Lerma (San Juan e Ibarra I y II), y Barraje de Ibarra, con una capacidad total de 24 millones de metros cúbicos.

El proceso de transferencia del distrito de riego estuvo en función de las cuencas drenadas por plantas de bombeo, así como en las fuentes de abastecimiento para el riego. De esta forma, quedaron integrados tres módulos de riego en una superficie de 43 718 ha con 14 896 usuarios (Cuadro 1). De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), son 4,442 usuarios que aprovechan una superficie de riego de 14 600 ha, empleando un volumen de agua de 97.00 millones de m³ por gravedad presas, gravedad derivación o por bombeo corrientes. El 8.6% de usuarios privados ocupan

el 19% de la superficie y emplean el 14% del volumen de agua (Cuadro 3.2)

Los principales cultivos de otoño-invierno (O-I) son trigo de grano y cártamo; de primavera-verano (P-V), maíz grano y sorgo grano y, en perennes, predomina la alfalfa. Se obtiene un valor de producción de alrededor de 23 millones de pesos (Cuadro 3.3).

El tipo de vegetación predominante en todo el distrito es el correspondiente a la subprovincia de Chapala, Provincia del Eje Neovolcánico, la cual es matorral subtropical ampliamente representado y ocupa un área significativa en esta subprovincia. Esta vegetación presenta las fisonomías de inerme, subinerme y nopalera, así como fases sucesionales secundarias tanto arbóreas como arbustivas, siendo común su convivencia con pastizales inducidos. Predominan las especies de casahuate (*Ipomea sp.*), vara blanca (*Montanoa tormentosa*), gueran (*Cytrocarpa procera*) y mezquite (*Acacia farnesiana*).

Como en buena parte de los distritos de riego de Michoacán, la presencia de maleza acuática, principalmente lirio, genera una serie de problemas severos durante la operación del distrito.

Así, la operación enfrenta problemas de consideración porque las pendientes son casi nulas. Se tienen eficiencias de conducción muy bajas, ya sea para drenar o regar, lo cual favorece el

desarrollo de la maleza acuática, en particular del lirio acuático. Aunado a lo anterior, las distintas especies de maleza, principalmente el lirio, impiden que las plantas de bombeo funcionen adecuadamente.

La práctica del drenaje se efectúa durante la temporada de lluvias, drenándose la cuenca hidrológica del distrito. En este sentido, para abatir los niveles de agua, se crea un gradiente en las inmediaciones de las plantas de bombeo cuando operan, de esta manera se logra que el agua fluya hacia los equipos de bombeo. No

obstante, como en el caso del riego, la maleza acuática impide el libre flujo del agua hacia los cárcamos de bombeo. En este distrito el sistema de drenaje es tan importante que los módulos de riego se delimitaron considerando las cuencas de drenaje. En consecuencia, la mayor parte del presupuesto de conservación en este distrito se destina a la extracción de maleza acuática mediante métodos mecánicos.

Las labores de conservación más importantes del distrito son el mantenimiento de la red de plantas de bombeo y el control de la maleza

Cuadro 3.3 Padrón de cultivo. DR 024 Ciénega de Chapala. (2011-2012). Fuente: México, SARH. Conagua. (2013)

Ciclo		Superficie (Ha)	Rend. (Ton/Ha)	Producción (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	Valor de la cosecha (Miles \$)	
Modalidad							
Cultivo							
Total General		14 952	14 952	9.64	144 180	2 902	418 415.39
Otoño-Invierno		9 194	9 194	6.22	57 208	3 598	205 863.77
Riego		9 194	9 194	6.22	57 208	3 598	205 863.77
	Cárcamo	1 876	1 876	2.56	4 804	5 732	27 537.82
	Cebada	375	375	4.97	1 864	3 700	6 895.98
	Frijol (Alubia)	18	18	1.94	35	17 000	600.28
	Garbanzo	92	92	1.94	178	3 000	534.80
	Maíz Grano	13	13	8.22	108	3 630	391.78
	Otras Hortalizas	248	248	30.97	7 670	2 886	22 133.48
	Otros Cultivos	241	241	19.94	4 796	1 000	4 796.05
	Sorgo Grano	67	67	7.00	468	3 800	1 778.74
	Trigo Grano	6 264	6 264	5.95	37 285	3 787	141 194.85

en los almacenamientos, canales, drenes y cárcamos de bombeo. Justamente, el lirio acuático provoca los problemas más severos en dichos cárcamos de bombeo. Las plantas de lirio atascan las rejillas, obstruyen y pueden llegar a detener el flujo del agua hacia el cárcamo; inclusive, se ha dado el caso de que existe la necesidad de apagar los equipos.

En el caso de los embalses, el lirio ocasiona fuertes pérdidas de agua debido a su alta tasa de evapotranspiración. En los canales y drenes, además de presentarse pérdidas de agua ocasionadas por la presencia de lirio, las plantas dificultan su operación y reducen el ciclo de conservación. Al reducirse éste, los costos

para el mantenimiento de la infraestructura de riego aumentan considerablemente. El “deslirio” (extracción de lirio acuático) tiene que hacerse necesariamente en forma periódica, porque esta maleza obstruye el libre flujo del agua en drenes y canales (Foto 3.1).

Para contrarrestar el efecto nocivo de la maleza, en 1998 se dieron los primeros pasos para desarrollar un programa de control integrado, privilegiando el método biológico, con una serie de metas a corto y a largo plazos. Entre las acciones preliminares, se realizó un diagnóstico del problema y se conformó un equipo de trabajo. Con ello, se inició formalmente el programa de control biológico.

Foto 3.1 Infestación característica del DR 024.



Foto 3.2 Equipo de trabajo. DR 024.



Diagnóstico de la problemática ocasionada por la maleza

Se hicieron dos recorridos de campo por el área de influencia del distrito; el primero para conocer físicamente la ubicación, características y funcionamiento de la infraestructura de riego. El segundo recorrido se efectuó para detectar la sanidad y el estado general de las plantas de lirio acuático en varios sitios considerados como estratégicos (Foto 3.3).

Se definieron los embalses que tuvieran mayor problema con la maleza acuática. También, se recopiló toda la información básica del distrito, en especial los datos referentes al control de lirio acuático aplicado, métodos utilizados, costos, duración y responsables de llevarlos a cabo.

A diferencia de los DR 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito, en Sinaloa, y 018 Colonias Yaquis, en Sonora, donde los neoquetinos no existían, en los DR 024 Ciénega de Chapala y 061 Zamora, en Michoacán, los insectos ya estaban presentes desde

hacia varios años. Seguramente, como resultado de las liberaciones realizadas de manera confinada por el Centro de Estudios Limnológicos de Guadalajara, Jalisco, a finales de los años setenta y, de manera abierta, a principios de los años ochenta en cuerpos de agua cercanos al lago de Chapala. Se observaron densidades bajas y sólo se localizó a la especie *Neochetina eichhorniae*.

En este sentido, los proyectos ejecutados en los DR 024 y 061 tuvieron como objetivo li-

berar un mayor número de insectos e introducir la otra especie de neoquetino: *Neoche-tina bruchi*.

3.1.2 Equipo de trabajo y programa de trabajo

Para la elaboración del Programa, se efectuaron dos reuniones con autoridades y técnicos del distrito, coordinadas por especialistas del IMTA. En la primera reunión, se analizó la problemática y la estrategia que se seguiría para abordar y darle salida al problema de la maleza. Durante la segunda reunión se acordó realizar el diseño y se desarrolló un programa de control integrado para combatir las poblaciones de lirio acuático. De esta manera, se

integró un equipo de trabajo conformado con técnicos del distrito, quienes desarrollarían las actividades locales.

Después de la conformación del equipo de trabajo, se seleccionaron los sitios más adecuados para instalar y establecer las parcelas experimentales que permitirían evaluar el control biológico de lirio acuático mediante la liberación de las dos especies de insectos, conocidos genéricamente como “neoquetinos”.

3.1.3 Parcelas demostrativas

El diseño y construcción de las jaulas que sirvieron como parcelas experimentales se basó en la experiencia generada en el DR 010, en

Foto 3.3 Revisión de lirio acuático.



Sinaloa, y en el DR 018, en Sonora. Se construyó un cubo de PVC de 1.2 m por lado con tubos de cuatro pulgadas de diámetro para las bases, y de dos pulgadas para los postes. Los tubos se pegaron con pegamento especial y se cubrieron con una malla sombra; a la malla se le dejó una abertura central a manera de “puerta” para permitir las evaluaciones subsiguientes. Para lograr el cierre hermético de la “puerta”, se colocó una tira de velcro a lo largo de la abertura. Para anclar la “jaula”, se utilizaron botes de cinco litros rellenos de cemento y una cuerda de plástico.

Antes de instalar las parcelas, se transportaron al sitio bajo condiciones controladas 2 000 insectos, en su mayoría *Neochetina bruchi*, que fueron colectados previamente de poblaciones silvestres localizadas en el dique Mariquita del DR 010, Sinaloa. Los insectos colectados se diferenciaron según su sexo; se marcaron con tinta indeleble y se separaron por especie. Debido a que el número de organismos de la especie *Neochetina eichhorniae* era muy reducido, se procedió a colectar, en el mismo sitio, ejemplares silvestres locales de esa especie para ser evaluados.

El establecimiento de las parcelas experimentales, cuyo objetivo fue evaluar el efecto del control biológico del lirio mediante el uso de los nequetinos, se realizó a diez metros de la orilla de la presa Jaripo, frente la casa del presero y observador de la estación meteo-

rológica. Se colocaron ocho parcelas en total; siete con cubierta y una sin ella (Foto 3.4). En todas las parcelas se colocaron doce plantas de lirio acuático sano, colectado en la represa de la Arena, del mismo distrito.

A diferencia de las parcelas del DR 010 no se llenaron de lirio las parcelas, sino que se escogieron solamente 12 lirios sanos para cada una, con el fin de obtener resultados más expeditos.

El número total de insectos empleado fue de 216 (168 hembras y 48 machos): 36 insectos en cada una de las jaulas. Se evaluaron cuatro tratamientos: uno sin insectos, otro de una especie, otro de la segunda especie y el último empleando las dos especies conjuntamente. Aquí se pretendía diferenciar el efecto de las dos especies y su labor conjunta. El diseño experimental fue en bloques al azar, con dos repeticiones utilizando cada parcela como unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: número y peso de las plantas, plantas muertas, altura del tercer peciolo y número de mordeduras por hoja y número de nequetinos adultos, larvas y pupas por planta. Las evaluaciones se realizaron cada 15 días, a partir de su establecimiento (Cuadro 4).

Para evaluar el establecimiento y evolución de los insectos confinados en las parcelas y el daño que estaban provocando sobre el lirio acuático en cada parcela, se contó el número

Cuadro 3.4 Diseño experimental

Parcela	Especie	Número de insectos		Total (♂ + ♀)
1	<i>Neochetina bruchi</i>	8	28	36
2	<i>Neochetina eichhorniae</i>	8	28	36
3	<i>N. bruchi</i> + <i>N. eichhorniae</i>	4	14	18
		4	14	18
4	Testigo con malla	0	0	0
5	<i>Neochetina eichhorniae</i>	8	28	36
6	<i>Neochetina bruchi</i>	8	28	36
7	<i>N. bruchi</i> + <i>N. eichhorniae</i>	4	14	18
		4	14	18
8	Testigo sin malla	0	0	0
Totales		48	168	216

Foto 3.4 Instalación de la parcela experimental. DR 024.

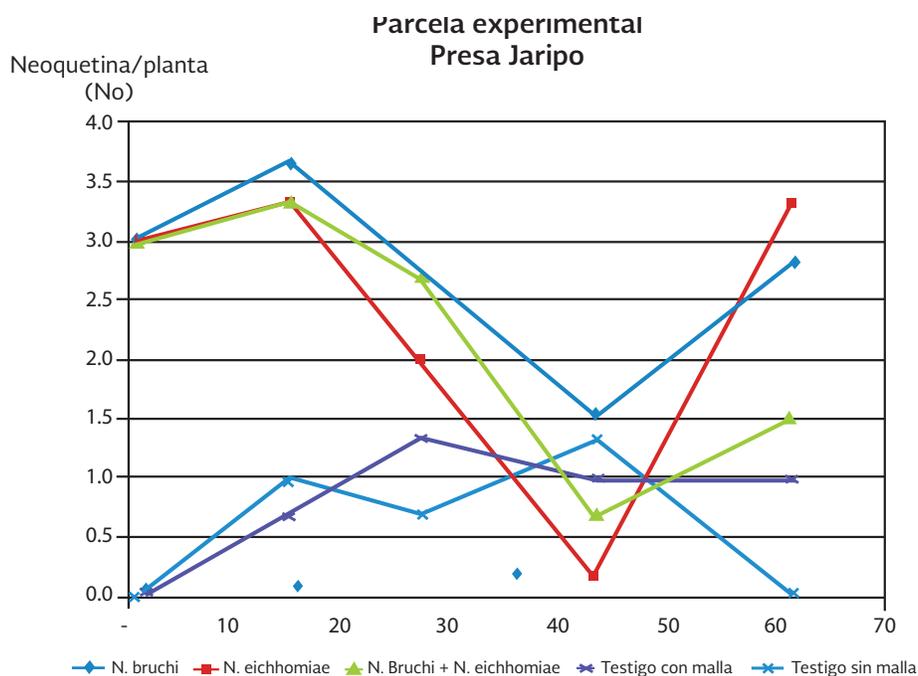


de plantas vivas y número de plantas muertas; además, se extrajeron tres plantas al azar, las cuales se pesaron, se midió la altura del tercer pecíolo, se contó el número de hojas por planta y la densidad de insectos (adulto, larva o pupa) de cada planta (Foto 3.5). Al final las tres plantas quedaron maltrechas y se desecharon.

El experimento se realizó durante 71 días, tiempo en el que se llevaron a cabo seis muestreos. En el Cuadro 5 se presentan los resultados promedios de las parcelas experimentales (de cada especie y la de ambas) y de las parcelas testigo (con y sin malla).

En las parcelas con insectos se inició con tres neoquetinos adultos/planta. Su desarrollo estuvo limitado por la escasa población de lirio que pronto se vio afectado. Considerando los tres estadios del insecto, se llegó a registrar 4.83, 4.33 y 4.67 insectos/planta en las parcelas de N. b., N. e. y la de ambas especies, respectivamente. Como adulto el insecto no llegó a los cuatro organismos por planta (Figura 3.2). En las parcelas testigo se inició sin insectos y aunque hacen acto de presencia durante el periodo del experimento, no influyen significativamente en el desarrollo del lirio en los primeros 71 días, ya que no alcanzó los dos neoquetinos adultos/planta. Esa situación permitió

Gráfica 3.1 Comportamiento de neoquetinos adultos. Parcela experimental.



Cuadro 3.5 Parcela demostrativa-experimental.

Parcela	Días	Fecha	Densidad de Insectos (Núm. insectos/planta)			Altura 3ª hoja (cm)	Mordeduras (Núm.)	Plantas peso (g)	Plantas (Núm.)
			Adultos	Larvas	Pupas				
N.b.	1	27-ago.-98	3.00	0.00	0.00	36.23	0.00	166.00	12.0
	15	11-sep.-98	3.67	0.67	0.50	31.37	69.33		12.0
	27	23-sep.-98	2.72	1.39	0.17	17.67	189.00	182.87	12.0
	43	09-oct.-98	1.50	0.33	0.67	12.68	98.00	207.32	14.5
	61	27-oct.-98	2.83	0.17	0.00	11.47	69.67	109.52	15.0
	71	06-nov.-98							3.0
N.e.	1	27-ago.-98	3.00	0.00	0.00	36.23	0.00	166.00	12.0
	15	11-sep.-98	3.33	0.83	0.00	26.07	59.83		12.0
	27	23-sep.-98	2.00	1.50	0.83	15.17	103.00	142.40	10.5
	43	09-oct.-98	0.17	0.17	0.50	15.02	45.83	149.48	12.5
	61	27-oct.-98	3.33	0.00	0.00	12.73	113.50	161.60	22.0
	71	06-nov.-98							1.0
(N.b. + N.e.)	1	27-ago.-98	3.00	0.00	0.00	36.23	0.00	166.00	12.0
	15	11-sep.-98	3.33	1.00	0.00	22.03	81.33	0.00	15.5
	27	23-sep.-98	2.67	1.67	0.33	18.57	125.33	244.42	18.0
	43	09-oct.-98	0.67	0.17	0.33	16.75	73.00	248.15	19.5
	61	27-oct.-98	1.50	0.33	0.00	16.18	52.67	134.30	24.0
	71	06-nov.-98							23.0
Testigo malla (sin in- secto)	1	27-ago.-98	0.00	0.00	0.00	36.23	0.00	166.00	12.0
	15	11-sep.-98	0.67	0.00	0.00	28.00	22.00		17.0
	27	23-sep.-98	1.33	0.67	0.00	20.97	48.33	184.37	24.0
	43	09-oct.-98	1.00	0.00	1.00	14.97	67.33	275.77	29.0
	61	27-oct.-98	1.00	0.33	0.00	13.90	38.33	168.50	35.0
	71	06-nov.-98							94.2
Testigo cuadro (sin mal- la, inse- cto)	1	27-ago.-98	0.00	0.00	0.00	36.23	0.00	166.00	12.0
	15	11-sep.-98	1.00	0.00	0.00	15.00	4.67		26.0
	27	23-sep.-98	0.67	0.67	0.33	15.43	46.67	467.17	39.0
	43	09-oct.-98	1.33	0.33	0.00	10.57	27.00	337.77	56.0
	61	27-oct.-98	0.00	0.33	0.00	10.77	19.33	198.43	119.0
	71	06-nov.-98							125.0

valorar las diferencias en el crecimiento de la población de lirio por efecto de los insectos.

En cada parcela experimental, a los 61 días la población de los 12 lirios instalados llegó a 15,

22 y 24 plantas (25, 83 y 100% del inicial) para las parcelas de N.b, N.e. y el de ambas especies, respectivamente. En contraste, la parcela testigo con y sin malla se registraron 35 y 119 plantas; es decir, se incrementó el 191 y

891 respectivamente (Figura 3.3). Seguramente, el número de plantas hubiese sido mayor en estas parcelas testigo si no hubieran sido invadidas por el insecto.

En el día 71 sólo quedaban tres lirios (25% de inicio) en la parcela de N.b., y un sólo lirio (sólo el 8% inicial) en parcela de N.e., mientras que en la parcela que contiene a ambas especies quedaron 23 lirios (91% respecto al inicial). Al poco tiempo, prácticamente desaparece el lirio en esta última parcela, pero ya no

se registró con precisión. En la parcelas testigo con y sin malla (sin insectos inicialmente) llegaron a 94 y 125 plantas de lirio; es decir, hubo un incremento de 685 y 941%, a pesar de la invasión de insectos de las parcelas aledañas.

Evidentemente, las dos especies por separado y las dos en forma conjunta hacen un control eficaz del lirio acuático.

En la parcela que contiene neoquetinos de ambas especies se incrementó la población

Gráfica 3.2 Infestación característica del DR 024.

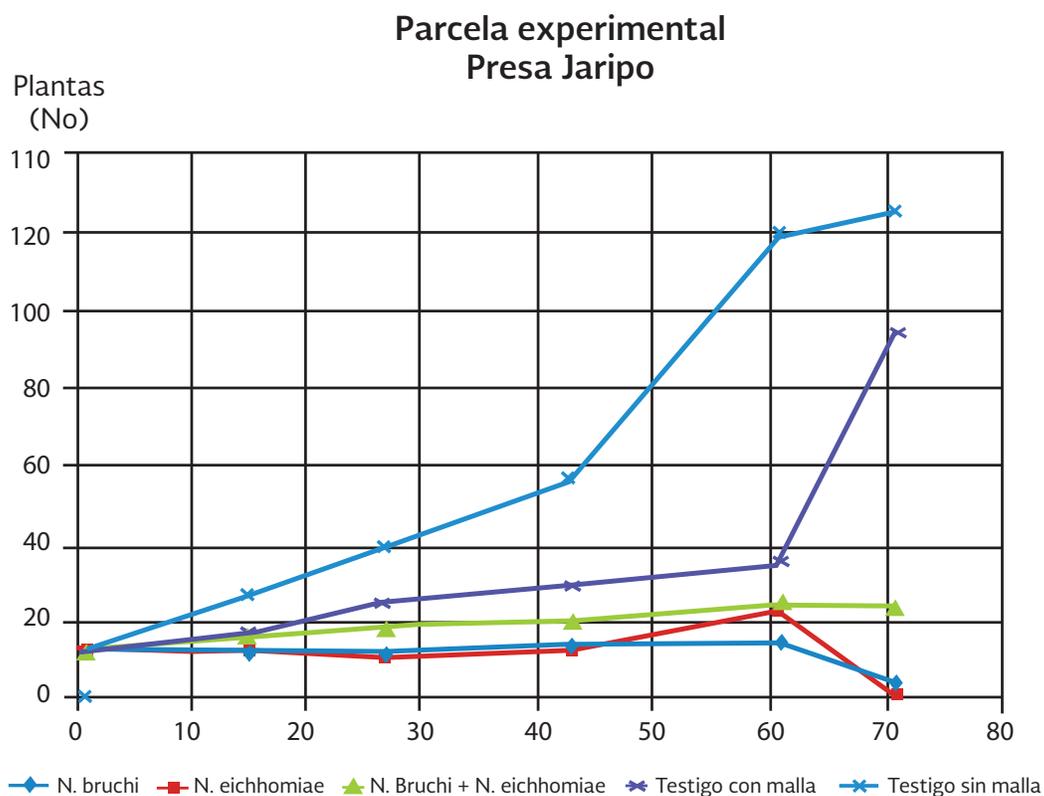


Foto 3.5 Evaluación de la población de plantas e insectos.



de lirio, a diferencia de las otras parcelas que contienen neoquetinos de una sola especie y, aunque también se logró su completo control, en éste se logró empleando más tiempo. Estos resultados difieren de los resultados de las parcelas experimentales en el DR 018 (ver volumen 1), donde las dos especies en conjunto controlaron el lirio en menor tiempo que los neoquetinos en forma individual. De acuerdo a los resultados en los diferentes cuerpos de agua permite formular la hipótesis de que las dos especies en conjunto, permiten un control más rápido y eficiente. Sin

embargo, habrá que profundizar los estudios e investigación al respecto. Así, estas parcelas, además de que sirvieron de demostración a los productores y autoridades del distrito, también contribuyeron en el estudio del proceso de control de lirio con estos agentes biológicos y abrió nuevas líneas de investigación.

3.1.4 Liberación abierta

Paralelamente a las parcelas de investigación, se llevó a cabo la liberación abierta de 7 983 individuos adultos de las especies *Neochetina bruchi*

y *N. eichhorniae*, con una proporción de 90% y 10% respectivamente, en diez sitios estratégicos previamente definidos (Cuadro 6). Para tal efecto, se extrajeron al azar plantas de lirio acuático y sobre las brácteas se depositaron los insectos; posteriormente, las plantas se lanzaron sobre la población general de lirio. También, se hicieron liberaciones al boleo (Foto 3.6).

Los parámetros evaluados fueron: número de plantas/m² y, mediante la extracción al azar de diez plantas de lirio como muestra representativa, se determinó el número de hojas por planta, la altura del tercer pecíolo (por ser la

hoja intermedia en cuanto a su desarrollo), el largo y el ancho de la tercera hoja, las mordeduras de esta tercera hoja y el número de insectos localizados en sus tres estadios (larvas, pupas y adultos), por medio del desmenuzamiento de las diez plantas (ver detalles de la metodología en el volumen I).

Para verificar el establecimiento de los neoquetinos liberados abiertamente, el equipo técnico local realizó seguimientos periódicos considerando los parámetros que se establecieron en la metodología para evaluar las parcelas (Foto 3.7).

Foto 3.6 Liberación de neoquetinos



Cuadro 3.6 Liberación abierta de neoquetinos. DR 024

Orden de liberación	Localización	Sitio específico	Cantidad liberada	Fecha de liberación
1	Presa Tarecuato	Centro cortina; cerca vertedor	1 006	2-agt.-98
2	Presa Jaripo	Frente a la escala y cortina	1 048	2-agt.-98
3	Planta de Bombeo Casa Fuerte	Frente a escala metálica	676	2-agt.-98
4	Planta de Bombeo La Palma	Frente a escala a 30 m del puente	675	2-agt.-98
5	Planta de Bombeo Guaracha II	Debajo del puente vehicular	976	2-agt.-98
6	Planta de Bombeo Ballesteros	Ambos márgenes del puente Capulín	920	2-agt.-98
7	Barraje de Ibarra	Confluencia de los ríos Lerma y Duero	941	2-agt.-98
8	Derivadora San Cristóbal	Frente a la costalera de ambos márgenes del canal	899	2-agt.-98
9	Derivadora San Cristóbal	Frente al mezquite de la costalera	420	28-agt.-98
10	Represa La Arena	A 20 m de las compuertas	422	28-agt.-98
Total de insectos liberados			7 983	

Presa Jaripo

En la presa Jaripo, al inicio del programa en 1998, el embalse de 188 ha tenía una infestación de lirio de aproximadamente 100 ha (53%). Existían en promedio 166 plantas de lirio/m² con un peso de 53.12 kg, así que en todo el dique existían alrededor de 166 millones de plantas con un peso total de 53 120 toneladas (Cuadro 7).

En agosto de 1998 se liberaron 1 048 insectos adultos y 105 en octubre de 1999, en su gran mayoría de la especie *Neochetina bruchi*. Al momento de liberar estos insectos ya estaba presente la otra especie *Neochetina eichhorniae*, con una densidad de 0.1 insecto adulto/lirio y de 0.4 insectos/lirio, si se considera su estadio larvario también. Lo que es una gran diferencia con el programa en el DR 010 en Sinaloa, donde no existía el insecto y se ini-

Foto 3.7 Evaluación periódica de lirio y neoquetinos



ció, por ejemplo, en el dique Batamote, con 0.0000016 neoquetinos adultos/planta.

En esas condiciones, la presencia de alrededor de 16 millones de insectos adultos en el embalse ya eran evidentes; los lirios en su tercera hoja presentaron en promedio 41 huellas de mordeduras de neoquetinos.

Durante 131 días se realizó un seguimiento y se observó que la densidad de insectos en to-

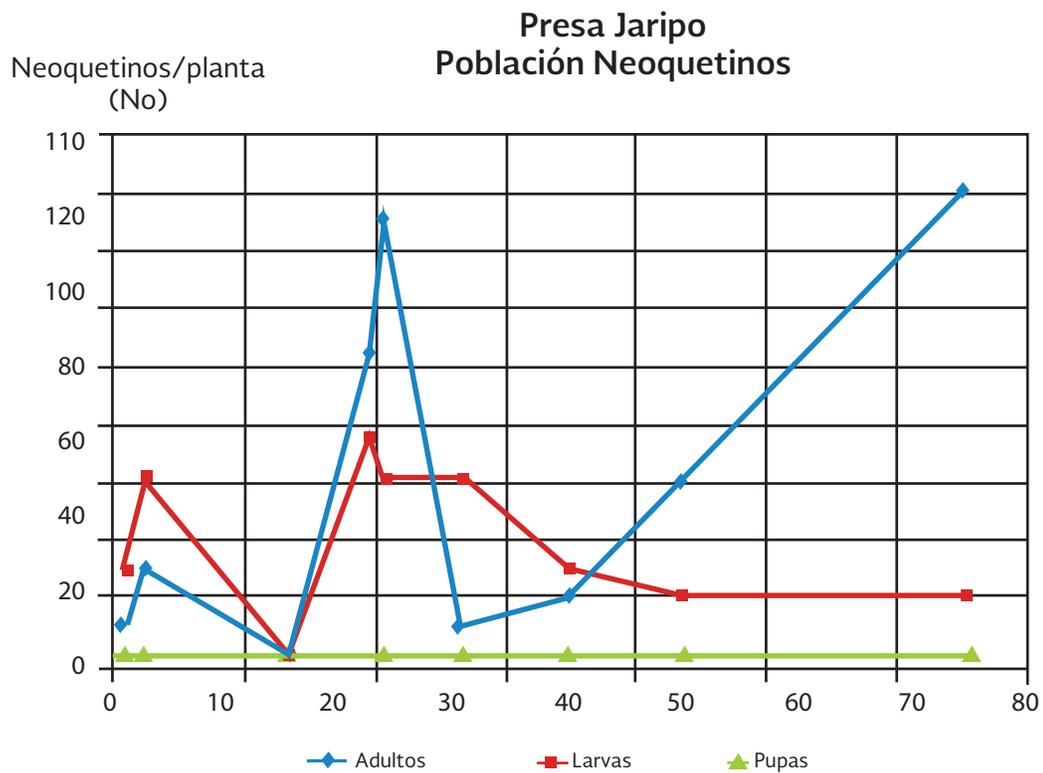
dos sus estadios se incrementó de 0.4 a 2.1 insectos/planta y, en el caso de los adultos, llegó a 1.6 adultos/planta. Sin embargo, se observaron altibajos (Gráfica 3.3). El escaso tiempo de registro no permitió ver con claridad su evolución, pero seguramente la densidad en sus tres estadios fue en constante ascenso porque el control de lirio fue muy rápido.

Como tendencia, se observa que la población de adultos va en aumento, como resultado del

ciclo de vida del insecto completo, por lo que la población del neoquetino, en su estadio de pupa, seguramente fue mayor al registrado, por lo menos en ciertos periodos. Esto sugiere que los muestreos realizados tuvieron cierta deficiencia en la detección de dicho estadio.

Como efecto de control de los insectos, a los 131 días la altura del peciolo del lirio se redujo de 27 a 10 cm (62.96%), el número de plantas de 166 a 86 plantas/m² (48.19%) y el peso promedio de 53.12 a 9.03 kg/m² (83%).

Gráfica 3.3 Comportamiento del insecto. Presa Jaripo



Cuadro 3.7 Evaluación del control biológico. Presa Jaripo

Fecha	Día	Neoquetinos			Lirio						
		Insectos liberados (Núm.)	Densidad de insectos (núm./Planta)		Pecíolo 3ª hoja (Cm)	Hoja (cm)		Marcas en hojas (Núm.)	Densidad De plantas (Plantas/m²)	Peso de plantas (Kg/m²)	
			Adultos	Larvas	Pupas		Ancho	Largo			
01-agt.-98	1	1 048	0.10	0.30	0.00	27.00	8.49	8.54	41.10	166.00	53.12
05-agt.-98	4		0.30	0.60	0.00	19.10	5.36	6.78	30.40	177.00	49.56
27-agt.-98	26		0.00	0.00	0.00	36.81	9.89	8.90			
09-sep.-98	39		1.05	0.75	0.00	48.72	12.25	12.74	28.00	176.50	77.23
11-sep.-98	41		1.50	0.60	0.00	14.10	6.02	5.95	37.80	144.00	18.43
23-sep.-98	53		0.10	0.60	0.00	13.89	6.33	6.19	25.60	187.00	129.97
09-oct.-98	69		0.20	0.30	0.00	11.22	6.12	6.01	18.30	95.00	9.03
27-oct.-98	87		0.60	0.20	0.00	11.09	5.74	5.55	22.10	97.00	9.31
10-dic-98	131		1.60	0.20	0.00	10.00	5.56	5.02	43.20	86.00	9.03

Al paso del tiempo, el control era cada vez más notorio. Al año siguiente (mayo 1999), la cobertura infestada de lirio se redujo aceleradamente hasta el 20% y, para mayo de 2000, se logró la máxima reducción. Sólo quedaba 1.9 ha de todo el cuerpo de agua (Cuadro 8, Foto 3.8, y Foto 3.9). De esa manera, a los 639 días los neoquetinos eliminaron 98.1 ha de lirio, que equivale a 162.8 millones de plantas de lirio con un peso de 52 100 toneladas.

Según el testimonio del encargado de la presa, en el mes de mayo de otros años con similar nivel de agua en la presa se presentaba alrededor del 50% de infestación de lirio. Esta misma condición prevaleció antes de la temporada de lluvias.

3.1.5 Otros sitios del DR 024

En los otros sitios de la infraestructura de riego del DR: planta de bombeo de Casa Fuerte, Barraje de Ibarra, derivadora de San Cristóbal, frente al canal y la planta de bombeo de Ballesteros, donde se liberaron insectos, se

observó la disminución de las plantas de lirio acuático y un ligero aumento de la densidad de neoquetinos. Los cambios cualitativos y algunos cuantitativos señalaron que la población de insectos iría en constante aumento. Desafortunadamente, ya no continuó el programa y este registro ya no se hizo.

En la presa Guaracha, que se había conservado limpia por la acción de los neoquetinos, 6% de infestación, la mayoría de las plantas del lirio tenía huellas (mordeduras) del ataque de los insectos. Lo mismo que sucedió en la presa Jaripo, el lirio se desarrolló a partir de semilla y de las plantas que quedan y resisten el descenso del nivel del agua en los taludes. A pesar de pérdida de poblaciones de lirio y de insectos al bajar el nivel del agua, en la cortina de esta presa se conservan importantes volúmenes de agua que mantiene estable una población de lirio y, con ello, aseguran el desarrollo de población de insectos.

El resultado durante esta etapa fue de una clara propagación y dispersión del insecto en

Cuadro 3.8 Control biológico de lirio. Dique Jaripo.

Fecha	Día	Superficie infestada (cobertura)	
		(%)	(ha)
Agt.-98	1	53	100.0
May.-99	273	20	37.6
May.-00	639	1	1.9
Jul.-00	700	2	3.8
Oct.-00	792	5	9.4

Foto 3.8 Presa Jaripo infestada de lirio al 50% (1998).



Foto 3.9 Presa Jaripo después del control biológico (2000).



prácticamente todos los cuerpos de agua del distrito.

En la confluencia de los ríos Lerma y Duero, se observó que el lirio constreñido por la retenida estaba muy dañado por los insectos; se registraron hasta ocho neoquetinos/planta (predominantemente de la especie *N. bruchi*) y 180 mordeduras aproximadamente por cada hoja.

El insecto desde entonces se ha introducido al lago de Chapala por el río Duero, con lo que se ha favorecido el control del lirio en el lago (ver Camarena, 2012).

3.1.6 Seguimiento

El seguimiento se dio hasta el 2000. Después de ese año sólo se realizaron algunos muestreos por interés personal del grupo técnico del Instituto.

Se presentaron resultados del programa de control biológico y se definieron posibles convenios de colaboración buscando financiamiento con los distritos, los módulos, el municipio y la Conagua, pero no se logró un convenio de colaboración.

En el DR 024, de 1998 al 2000, se validó el uso del neoquetino y se liberó población de neoquetinos adultos que se reprodujo y dispersó a lo largo de la infraestructura del distrito y el Río Duero.

La dispersión de los insectos a lo largo de los canales y drenes no ha logrado cuajar en un control efectivo del lirio, debido a que al realizar el control mecánico, que tradicionalmente practican en los módulos de riego, se elimina también gran parte de la población de insectos y se limita o reduce su efecto de control. De manera que, hasta la fecha, se sigue con severos problemas de lirio en canales y drenes.

En la presa Jaripo, una vez eliminada la mayor parte del lirio, las reducciones del nivel del agua secaron los taludes y la mayor parte del lirio restante se deshidrató y murió, al igual que la mayor parte de la población de insectos. Al incrementarse el tirante de agua, el lirio reapareció a partir de semilla o de las mismas plantas sobrevivientes sin mayor efecto sobre la escasa población de insectos que logró sobrevivir.

Al no continuar con el programa de control biológico, a partir de 2001 se inició un incremento del lirio acuático, dando como resultado la reinfestación de más del 40% del cuerpo de agua en mayo de 2005 (Foto 3.10).

Desde entonces, la presa Jaripo se encuentra en un proceso de fluctuación de la población de lirio de acuerdo con esa variación periódica del nivel del agua, observándose de esa manera aumento y descenso de la población de lirio. En ocasiones se muestra poco lirio y, en otras, se vuelve un serio problema.

Foto 3.10 Reinfestación de lirio. Presa Jaripo (2005).



En este distrito, en 2014, se continúa conviviendo con el lirio y sufriendo sus consecuencias. Cada año se realiza el control mecánico del lirio pero siempre es insuficiente en más del 50%. Las necesidades de control son superiores a su capacidad económica.

3.1.7 Nuevos proyectos

Desde que se concluyó el Programa en el 2000, y conociendo que es factible la reducción y control del lirio en el distrito, se ha buscado financiamiento para lograrlo.

En 2012 hubo interés del municipio de Sahua-
yo para realizar el proyecto “Programa control

del lirio en el DR024 Ciénega de Chapala, Michoacán”. Se pensó en un programa general para reducir y mantener bajo control al lirio acuático en el DR 024 Ciénega de Chapala en forma general, con un costo de \$3 087.750 y duración de tres años. Se presentó el programa en la presidencia municipal y se dijo que sería consultado con las diferentes autoridades de los municipios afectados y los propios productores. No prosperó, pero se intentó.

Para hacer esta propuesta, se visitaron varios sitios estratégicos: dren colector, dren Guaracha (varios puntos), presa Jaripo y finalmente el canal de la Guaracha, a pocos metros de la presa del mismo nombre. En general, se encontró un

panorama más halagüeño que el previsible después del programa de control biológico aplicado en 1998-2000 en ese distrito. En todos los sitios hubo un lirio de escasa talla, menos de 25 cm, con presencia de neoquetinos (insectos adultos, larvas y pupas en diferentes densidades). En general, la densidad era superior a 1 neoquetino/planta (Foto 3.11).

El municipio, conjuntamente con el módulo, han realizado controles mecánicos con resultados importantes desde hace un año que, aunado a la presencia del insecto, permite mejores resultados que los que se obtienen con otros tipos de control. Desafortunadamente, en estos últimos diez años, el control mecá-

nico del lirio ha evitado que se desarrolle la población de insectos en forma explosiva provocando, generalmente, que la tasa de crecimiento del lirio sea mayor a la del insecto y que el problema del lirio persista.

En esas condiciones de lirio debilitado y presencia de neoquetinos, se está dando pauta a solucionar el problema de otras plantas acuáticas sumergidas con comportamiento malezoides, que puedan perjudicar la conservación y operación de los canales y drenes.

Tras el recorrido de campo, sin haber iniciado el proyecto, había un avance del 50% como efecto de lo realizado en años anteriores. Así

Foto 3.11 Evaluación de lirio y neoquetinos. Mayo de 2012.



también, debe analizarse el problema de las otras especies amenazantes, para dejar en mejores condiciones la conservación y operación de la red de distribución. La iniciativa del municipio sólo quedó en buenas intenciones.

Posteriormente, hubo interés de autoridades del módulo La Palma del DR 024 para atender en forma especial su área de influencia. Se comentó que sería con apoyo económico de la Conagua y participación del 50% de los productores. A finales de 2012 se hizo la propuesta denominada “Control de lirio acuático en el Módulo de Riego No. I La Palma de la Ciénega, DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán”, con el objetivo de reducir y controlar el lirio acuático en toda la infraestructura hidroagrícola de dicho módulo. Fue un planteamiento de \$ 3 400 000.00 (tres millones cuatrocientos mil pesos 00/100 M.N.) + IVA.

El presupuesto implicaba resolver el problema de infestación de lirio en toda la red de canales y drenes, además de sus presas principales. De realizarse el programa, la inversión resultaría sumamente redituable y benéfica para el módulo, como se ha demostrado con los resultados obtenidos en los distritos DR 010 Culiacán-Humaya y DR 074 Mocorito, Sinaloa, y DR 018 Colonias Yaquis, Sonora (ver Camarena O.C. y Aguilar J.A.A. 2013)

En el proyecto de este módulo, la Conagua contribuiría con el 50% del presupuesto y los

usuarios aportarían el otro 50%. Para disminuir su aportación y hacerlo factible, los usuarios también buscarían el apoyo de las autoridades de los municipios involucrados (Venustiano Carranza, Villamar, Jiquilpan y Sahuayo). Sin embargo, las autoridades no lograron formalizar este proyecto.

Al siguiente año, 2013, se replanteó este proyecto y se estuvo en contacto con las autoridades del módulo, pero una vez más no contaron con los recursos necesarios para enfrentar el proyecto y todo volvió a quedar en buenos deseos. Desde octubre de 2013, el problema persiste y no hay visos de que se pueda contar con recursos para algún programa al respecto. Las prioridades del módulo han sido otras.

Para el equipo técnico del IMTA, solucionar el problema del lirio acuático en la región representa un reto y un deseo.

En 2012 se presentó al Programa del Fondo de Adaptación del Cambio Climático el proyecto *Manejo del lirio acuático en los sistemas de riego de México (mitigación del impacto del incremento de la temperatura)*, orientado al DR 024 Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora, Michoacán, con la plena participación de los productores de siete asociaciones de usuarios, los dos distritos de riego y el IMTA. Un programa multianual de cuatro años, con un monto de \$13.297 millones.

Desafortunadamente, el comité revisor consideró que no hay propuestas de mitigación al problema que representa el incremento de la temperatura en un crecimiento aún más explosivo del lirio en la región. Es cierto, con este proyecto no se pretendía mitigar el problema, se pretendía resolverlo. En fin, no pasó el filtro de revisión y quedó en otra buena intención.

Finalmente, deberá obtenerse el financiamiento requerido por parte de las autoridades de la Conagua o de los propios productores, o de otras autoridades tales como los municipios, o de todos ellos, para lograr desarrollar un programa que permita el control biológico del lirio acuático de forma permanente en la región.

3.1.8 Impacto

Al inicio del programa de control biológico del lirio en el distrito, se comprobó la presencia de la especie de *Neochetina eichhorniae*. Probablemente, desde la década de 1980, ha permanecido en la región sin observarse mayor efecto de control, seguramente por el manejo del lirio con los métodos mecánicos tradicionales que interfiere en su desarrollo.

Las parcelas demostrativas experimentales permitieron determinar con claridad la eficiencia y eficacia de ambas especies de neochetinos, como agente de control del lirio.

Desde el 2000 a la fecha, se continúa conviviendo con el problema del lirio; no obstante, con el programa realizado de 1998 a 2000 se obtuvieron importantes beneficios.

Superficie bajo control

En la presa Jaripo la liberación de las dos especies favoreció el proceso de control y se eliminaron casi 100 ha de lirio en poco menos de dos años. Se logró en este reducido periodo porque ya existía una población importante de la especie *Neochetina eichhorniae* que, lógicamente, ya tenía un impacto en el desarrollo de la planta.

La liberación en diferentes puntos de la infraestructura también ha tenido un efecto de control del lirio a nivel general en toda la red de conducción y cuerpos de agua del distrito. Aunque no se logra dimensionar ni cuantificar este efecto, sí se aprecia una disminución en el desarrollo de la planta del lirio que ya no alcanza las tallas de 50 cm observadas en 1998. En los últimos años, el lirio tiene tallas promedio inferiores a 25 cm. Sin embargo, la continua extracción mecánica no ha permitido que la población de neochetinos se desarrolle a plenitud y se ejerza un control definitivo.

Para fines prácticos, en el análisis sólo se consideran las 100 ha de lirio controladas en la presa Jaripo.

Económico

En este distrito, se estima que la inversión en el programa de control biológico fue de alrededor de 1 millón de pesos (a precios de 2005), en el periodo 1998-2000.

Para lograr eliminar las 100 ha de la presa Jaripo en forma mecánica por extracción o trituración, se hubieran tenido que erogar, al menos, 1.5 millones de pesos (\$15 000/ha), a precios de 2005.

De acuerdo con la experiencia del DR 010 Culiacán-Humaya, es factible mantener bajo control al lirio acuático por más de diez años y, por lo tanto, multiplicar la rentabilidad del Programa.

La presencia de insectos en los canales y drenes también ha deteriorado sustancialmente al lirio, por lo cual los controles mecánicos se han facilitado y reducido. Esto implica un beneficio económico que no se considera porque no se tiene cuantificado, pero es importante comprender este beneficio.

Evapotranspiración

Se considera, como se hizo en el caso del DR 010, que por efecto de la transpiración del lirio se pierde una cantidad de agua similar a la que corresponde a la evaporación anual.

En este distrito se registra una evaporación de (20 870 m³/ha/año (Estación la Palma), por lo tanto, se evitó la transpiración de 100 ha al eliminar el lirio y, de esa manera, se evitó perder alrededor de 2.08 millones m³ de agua al año, con la cual se podrían haber cultivado alrededor 336 ha de maíz (se estiman 6 210 m³ de agua/ha de maíz).

Con toda seguridad, se han obtenido ahorros importantes de agua de 2000 a 2013, a consecuencia de la población de nequetinos que permanece en la presa y en toda la población del lirio del distrito, aunque no es posible cuantificarlos. Los ahorros se habrían multiplicado si el control del lirio se hubiera mantenido por varios años, como sucedió en los cuerpos de agua de los DR 010 Culiacán Humaya, Sinaloa y DR 018 Colonias Yaquis, Sonora.

Conducción

La presencia de lirio reduce la capacidad de conducción, ya que ocasiona taponamientos en las compuertas e impide la adecuada distribución de agua. Por lo tanto, impacta en los tiempos de riego. Este efecto no se tiene cuantificado, pero resulta evidente que cuando el lirio se encuentra disminuido por la presencia de los insectos, como es el caso, las tareas de operación y conservación se simplifican y la distribución del agua es más oportuna y eficiente.

Ambiente y recreación

La ausencia de lirio acuático estimula la productividad primaria de los embalses y favorece el desarrollo de las diversas especies dulceacuícolas, así como las actividades pesqueras, recreativas e, incluso, turísticas.

En el caso de la presa Jaripo, el beneficio fue pasajero porque no se logró el control permanente del lirio.

En la presa Guaracha, por las características estructurales de su cortina, todo el año se mantiene cierto nivel del agua que permite el desarrollo de cierta población de lirio y de insectos en un frágil equilibrio. Esto, sin embargo, hace posible que no haya problemas de un crecimiento explosivo del lirio, lo cual actúa en beneficio del ambiente, la recreación y la pesca.

Salud

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. Este es otro de los beneficios que se obtuvieron, pero lamentablemente fue pasajero, como el programa de control biológico.

Resolver el problema del lirio en el DR 024 Ciénega de Chapala, mediante los neoqueti-

nos, es factible y rentable. Lograrlo, requiere aplicar un programa de control biológico permanente.

3.2. DISTRITO DE RIEGO 061, ZAMORA, MICHOACÁN

3.2.1 Caracterización

El DR 061 Zamora se localiza entre los paralelos 19° 59' y 20° 11' de latitud norte, y los meridianos 102° 08' y 102° 25' de longitud oeste, y presenta una altitud media de 1 567 msnm. Abarca los valles de San Antonio, Zamora-Jacona e Ixtlán, formando parte de la provincia fisiográfica denominada "Eje Neovolcánico", que atraviesa el país en su porción central con dirección este-oeste, en el área de transición de la meseta Tarasca y el área de la república conocida como "meseta central" (Figura 3.2).

La superficie antes señalada comprende los terrenos dominables con las aguas de la presa Urepetiro, aquellos dominables con las aguas del río Duero y el manantial Camécuaro, desde su entrada a Las Adjuntas hasta la salida del Valle de San Simón; así como los terrenos dominables con las aguas del dren Chavinda, desde el puente de Ferrocarril de Yurécuaro a los Reyes, hasta su confluencia con el río Duero, ocupando total o parcialmente los municipios de Zamora, Jacona, Tlazazalca, Tangancícuaro, Chavinda, Ixtlán y Pajacuarán.

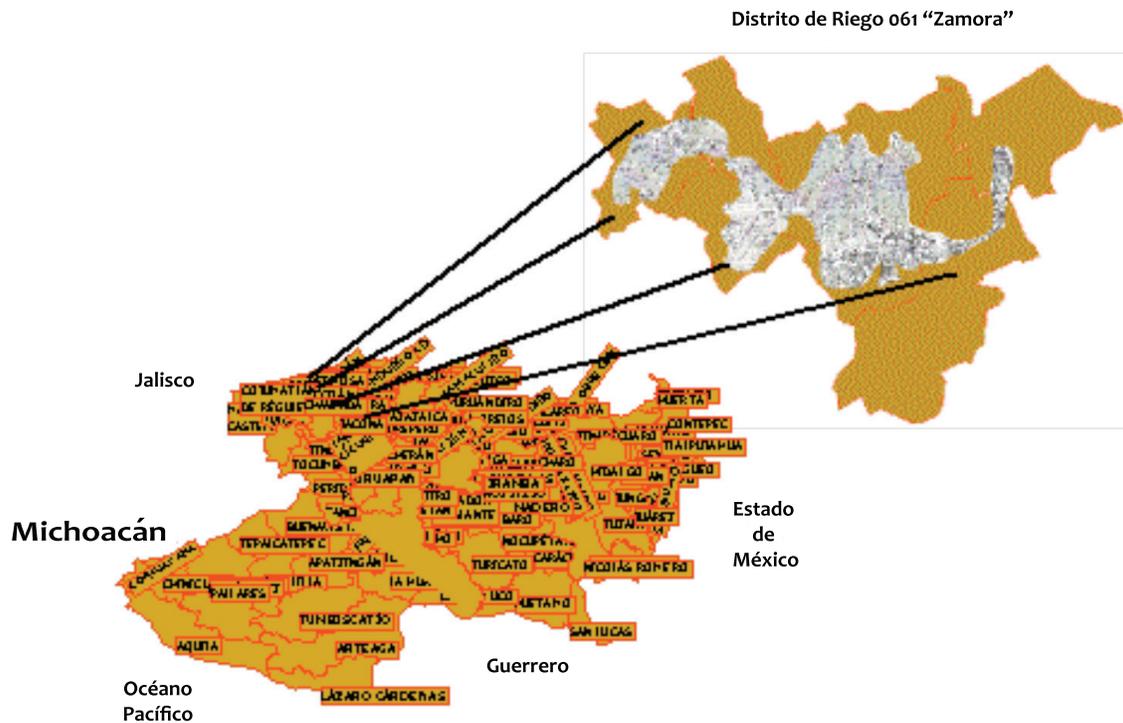
Las fuentes de abastecimiento aprovechables por el distrito tienen su origen en los escurrimientos de los ríos Duero y Tlazazalca, así como los manantiales Camécuaro, Verduzco, Orandino, La Estancia y El Disparate, cuyas aguas se derivan para otorgar en concesión un volumen de 217.93 millones de m³ para el riego de 18 015.98 ha, propiedad de 4 236 usuarios, a través de una amplia red de distribución y drenaje.

El DR 061 del Valle de Zamora, Michoacán, fue creado por decreto presidencial con fecha 20 de septiembre de 1938, donde se establecen

sus límites y organización. Se publica en el *Diario Oficial de la Federación* e inicia operaciones el 5 de diciembre de 1938. Posteriormente, fue modificado su decreto de creación el 24 de marzo de 1954.

Desde entonces, las asociaciones de usuarios se han hecho responsables de la operación, conservación, mantenimiento y administración de las redes mayor y menor de canales, drenes y colectores con sus estructuras; la red de caminos; las plantas de bombeo y demás obras complementarias inherentes a las obras antes mencionadas; mientras que la Conagua conti-

Figura 3.2 Localización del DR 061 Zamora, Michoacán.



núa haciéndose cargo de las obras de cabeza, lo cual se establece en los títulos de concesión correspondientes. El distrito abarca 18 015.98 ha para el beneficio de 4 236 ha y se conforma por cuatro módulos, asociaciones de productores (Cuadro 9). El siguiente cuadro señala los usuarios y superficies incorporados a las asociaciones, en el momento de la concesión.

A la fecha, la superficie dominada por el distrito asciende a 17 917 ha, superficie menor a la reconocida por la concesión debido al crecimiento urbano de las ciudades de Zamora y Jacona, principalmente.

Las obras que quedaron a cargo de la Comisión son las presas de almacenamiento Urepetiro y De Álvarez, las derivadoras Chaparaco

y San Simón, la estructura de control localizada sobre el km 34+000 del río Duero, denominada "Colongo", así como los manantiales Verduzco, Disparate, Orandino y La Estancia Igarateña.

De acuerdo con el Segundo Sistema de Clasificación del clima del Dr. Thornthwaite, en la zona del distrito predomina un clima semiseco, con pequeña o nula demasía de agua; templado-cálido, con baja concentración de calor en el verano.

La temperatura media anual, conforme un periodo de observación de 33 años (1972-2004) en la estación meteorológica de Zamora, localizada a una altitud de 1 567 msnm, es de 20.3 °C, con temperaturas medias mensuales más

Cuadro 3.9 Módulos de riego. DR 061. Fuente: Reglamento para la operación, conservación, mantenimiento y administración de la infraestructura y los bienes concesionados del Distrito de Riego 061 Zamora.

Módulo	Nombre	Superficie (ha)	Usuarios (Núm.)
I	Asociación de Productores Agrícolas de Las Presas Urepetiro y Verduzco, A. C.	3 939.46	1 105
II	Asociación de Productores Agrícolas del Canal Principal Chaparaco, A. C.	5 213.22	1 105
III	Asociación de Productores Agrícolas del Río Nuevo, A. C.	4 120.3	803
IV	Asociación de Productores Agrícolas de Los Canales Peñitas, La Estanzuela y Guaracheña, A. C.	4 742.99	1 213
Total distrito		18 015.98	4 236

altas en abril, mayo y junio, y medias más bajas en diciembre y enero.

La precipitación media anual, conforme a un periodo de observación de 45 años (1960-2002) en la estación meteorológica de Zamora, es de 781.4 mm, presentándose en la época de lluvias (de junio a octubre) 722.9 mm, que corresponden al 92.5% del total, y en el estiaje 58.4 mm; es decir, el 7.5% restante. La evaporación potencial media anual, conforme a un periodo de observación de 37 años (1968-2004) en la estación meteorológica de Zamora, es de 1 876.0 mm, con valores medios mensuales más altos (675.25 mm) de marzo a mayo; o sea, el 36% del total.

El sistema de riego consta de 274.4 km de canales, de los cuales 137.8 son principales: 33.7% revestidos y 66.3% en tierra, y 136.6 km de drenes: 16.0% de concreto, 3.8% en piedra y 80.2% en tierra (Cuadro 10).

El sistema de drenaje está formado por 234.39 km de drenes (84.8% principales y 15.2% secundarios (Cuadro 11).

En el ciclo agrícola 2011-2012, la superficie sembrada y cosechada total fue de 9,333 ha; en el ciclo O-I fueron 4 669 ha (83% trigo grano), en P-V 2 283 ha (78 % maíz grano) y perenes 2 381 ha (81% fresa) (Cuadro 12).

Cuadro 3.10 Red de canales.

Módulo	Canales (km)	Principales (km)				Secundarios (km)			
		Totales	Concreto	Piedra	Tierra	Totales	Concreto	Piedra	Tierra
I	82.125	58.909	22.420	0	36.489	23.216	0	0	23.216
II	46.010	25.610	0	0	25.610	20.400	0	0	20.400
III	84.926	32.911	5.002	0	27.909	52.015	0	0	52.015
IV	61.384	20.400	19.100	0	1.300	40.984	21.924	5.200	13.860
Suma	274.445	137.830	46.522	0	91.308	136.615	21.924	5.200	109.491

Cuadro 3.11 Red de drenaje.

Módulo	Drenes (km)	Drenes (km)		Km/100 ha
		Principales	Secundarios	
I	37.986	26.616	11.370	0.964
II	56.491	49.251	7.240	1.106
III	71.505	61.350	10.155	1.745
IV	68.410	61.560	6.850	1.436
Total	234.392	198.777	35.615	1.309

La vegetación predominante dentro del área de influencia del distrito 061 es el resultado de la apertura de áreas de cultivo. La vegetación natural de la zona se encuentra alterada o eliminada en su mayoría, quedando pequeñas áreas en las que se pueden apreciar las comunidades nativas.

La vegetación primaria se puede encontrar en las partes elevadas de las montañas que circundan el valle, constituyendo una selva baja caducifolia establecida en suelos bajos y pedregosos de laderas que delimitan las zonas cultivadas, con especies tales como: cacahuete (*Ipomoea arborescens*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), huizache (*Acacia farnesiana*), papelillo (*Euphorbia spp*) y copal (*Bursera fagaroides*).

El estrato arbustivo ocupa grandes extensiones dentro de la selva baja caducifolia y forma una vegetación densa compuesta principalmente por: nopal (*Opuntia spp*), pitahaya (*Cereus spp*), jara (*Senecio spp*), higuera (*Ricinus communis*), laurel (*Laurus nobilis*), tepame o tehuxtle (*Acacia cornigera*) y huizache (*Acacia farnesiana*).

También, se tiene un estrato herbáceo compuesto por chayotillo (*Sycios angulatus*) y pastos, principalmente pitillo (*Bouteloa spp*).

En las tierras bajas, como en algunas hondonadas del distrito, se presenta la vegetación hidrófila, característica de las zonas que se en-

cuentran inundadas o con niveles de manto freático elevado, con especies como el tule (*Scirpus cungens*), una de las plantas comunes en las partes empantanadas, alcanzando alturas mayores a 2 m, y el sabino, que crece dentro de la corriente del río Duero y en los canales y drenes, alcanzando gran desarrollo.

Dentro de la vegetación acuática o semiacuática, merece especial atención el lirio acuático, ya que ocupa grandes extensiones dentro de canales, drenes y embalses mayores. Esta planta libre flotadora evita la circulación del agua y provoca pérdidas por evapotranspiración.

La vegetación halófila, propia de partes salinas, está constituida por zacate salado (*Distichlis spicata*), verdolaguilla (*Portulaca spp*) y rome-rillo (*Suaeda nigra*), frecuentemente asociados con el mezquite y el huizache; se localizan preferentemente en las regiones de La Estancia, Tepehuaje y el Valle de Ixtlán.

En los bordos de los canales y drenes se desarrollan, principalmente, el sauce o saúz (*Salix spp*), fresno (*Fraxinus spp*), higuera o higuerrón (*Ficus spp*) y jara (*Senecio spp*); además algunos árboles frutales que se utilizan como cortinas rompevientos u ornamento; entre estos se observan guayabos, naranjos, duraznos, aguacates, granados y membrillos.

Uno de los problemas que afectan seriamente la operación y conservación del distrito y

Método y resultados

Cuadro 3.12 Padrón de cultivos. DR 06I Zamora (2011-2012).

Ciclo		Superficie (Ha)		Rend. (Ton/Ha)	Producción (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	Valor de la cosecha (Miles \$)
Modalidad							
	Cultivo						
Total General		9 333	9 333	17.73	165 451	7 641	1 264 180.01
Otoño-Invierno		4 669	4 669	9.88	46 150	3 453	159 351.96
	Riego	4 669	4 669	9.88	46 150	3 453	159 351.96
	Brócoli	5	5	15.00	71	4 250	302.81
	Calabaza	2	2	9.50	23	3 400	77.52
	Cártamo	12	12	1.50	71	4 250	302.81
	Cebada	89	89	7.00	622	4 000	2 486.96
	Cebolla	110	110	42.00	4 608	2 000	9 215.64
	Col (Repollo)	18	18	44.11	772	1 848	1 426.40
	Coliflor	3	3	49.00	123	1 700	208.25
	Ebo (Veza/Jamargo)	191	191	21.00	4 003	5 000	20 016.15
	Frijol (Alubia)	52	52	1.92	99	20 765	2 051.60
	Garbanzo	37	37	2.00	74	4 644	343.26
	Jitomate (Tomate rojo)	59	59	44.24	2 610	3 000	7 830.00
	Lenteja	17	17	1.60	26	6 000	158.40
	Otras Hortalizas	189	189	27.00	5 104	2 900	14 802.62
	Pepino	20	20	45.00	889	3 500	3 110.62
	Tomate de cáscara (Tomatillo)	2	2	24.00	43	6 000	259.20
	Trigo Grano	3 866	3 866	7.00	27 065	3 583	96 974.69
Primavera-verano		2 283	2 283	10.16	23 194	3 553	82 417.90
	Riego	2 283	2 283	10.16	23 194	3 553	82 417.90
	Cebolla	26	26	40.00	1 053	3 200	3 368.96
	Frijol (Alubia)	28	28	2.00	56	20 000	1 118.00
	Jitomate (Tomate rojo)	2	2	40.00	60	3 000	180.00
	Maíz Grano	1 787	1 787	10.00	17 869	3 616	64 619.38
	Otras Hortalizas	83	83	20.00	1 664	2 200	3 661.24
	Sorgo grano	357	357	6.99	2 492	3 800	9 470.32
Primavera-verano		2 381	2 381	40.36	96 107	10 638	1 022 410.14
	Riego	2 381	2 381	40.36	96 107	10 638	1 022 410.14
	Alfalfa	3	3	85.00	213	850	180.62
	Fresa	1 932	1 932	40.00	77 283	12 000	927 393.60
	Olleto (Zacate) Verde	161	161	80.00	12 906	1 159	14 954.72
	Zarzamora	285	285	20.00	5 706	14 000	79 881.20

que genera fuertes desembolsos entre los usuarios es la maleza acuática presente en los canales, drenes, manantiales, presas y diversas corrientes de agua. Como se señaló antes, la especie de planta acuática más problemática es el lirio acuático.

La presa Urepetiro, una de las principales fuentes de abastecimiento del distrito, permite almacenar un volumen para el servicio de riego de 700 ha; además, en época de estiaje puede auxiliar a otras áreas del distrito. La presa, que almacena aguas broncas y residuales, año tras

año presenta una infestación severa de lirio acuático, lo que provoca la desoxigenación del agua, malos olores y el desarrollo de mosquitos que afectan la salud de las poblaciones aledañas.

Es importante señalar que la presa aporta grandes cantidades de lirio acuático hacia el río Duero y, en consecuencia, a la infraestructura de riego del distrito. En el río, como en toda la red de canales y drenes, la maleza forma taponamientos que ocasionan desbordamientos que afectan áreas agrícolas y zonas urbanas.

Foto 3.12 Infestación severa del DR 61.



La presencia del lirio en el distrito abate la cantidad de agua para riego y además representa altos costos de mantenimiento en la infraestructura, afectando la eficiencia en la operación y distribución del agua (Foto 3.12). La alternativa de solución por la que se optó fue desarrollar un programa de control integrado, privilegiando el método biológico.

3.2.2 Programa de control biológico y liberación abierta

En el DR 061 el programa de control integral de lirio acuático se inició a finales de 1999. Se empleó una estrategia similar a la que se llevó a cabo en los DR 010, Sinaloa, y DR 018,

Sonora, que se enriqueció con la experiencia que se obtuvo en 1998 en el DR 024, Ciénega de Chapala, Michoacán, sobre todo por la cercanía y similitudes climáticas.

Justamente, debido a la similitud de los DR 024 y 061, en este distrito no se instalaron parcelas experimentales, pues se consideró que este aspecto ya se había cubierto. Lo importante en aquellos momentos eran las liberaciones masivas y abiertas de los insectos para abatir las enormes infestaciones que representaban un freno, tanto a la operación como a la conservación del distrito. Cuando se inició el programa, las plantas de lirio acuático eran vigorosas y alcanzaban una altura superior a 50 centímetros.

Cuadro 3.13 Sitios de liberación. DR 061.

Sitio	Insectos(Núm.)
Puente la Estancita, sobre el río Tlazazalca	242
Presa Urepetiro, frente a los Manantiales	314
Presa Urepetiro, frente a la cortina	556
Presa y manantial Verduzco	722
Derivadora Los Espinos	623
Canal arriba del sifón	365
Estructura del km 34.5	365
Dren Vallado Prieto	250
Río Duero, frente a Camucato	157
Dren Los Mangos	157

Los insectos se liberaron en diez sitios estratégicos, previamente seleccionados en función del grado de infestación de lirio acuático. Se liberaron 3 751 neoquetinos adultos, de los cuales el 97% era de la especie *Neochetina bruchi* (Cuadro 13).

En la presa Urepetiro, en particular, el lirio cubría aproximadamente 35 ha, que representa un 14.58% de la superficie total del embalse. El 20 de octubre de 1999 se liberaron en la presa 870 insectos adultos (Foto 3.13).

Las cepas provinieron de poblaciones silvestres colectadas sobre lirios del DR 010, Culiacán-Humaya, Sinaloa.

Después de las liberaciones, se realizaron recorridos de campo en los sitios seleccionados para evaluar la expansión de los insectos mediante el empleo de un cuadro elaborado con PVC de un metro por lado (1 m²). El cuadro se lanzaba al azar al manchón de lirio de un cuerpo de agua determinado y, las plantas de lirio que quedaban dentro de la superficie, se consideraban en el estudio.

Los parámetros evaluados fueron: número de plantas en un metro cuadrado y, por medio de la extracción al azar de diez plantas de lirio como muestra representativa, se determinó el número de hojas por planta, la altura del tercer pecíolo (por ser la hoja intermedia en cuanto a su desarrollo), el largo y el ancho de

la tercera hoja, las mordeduras de esta tercera hoja y el número de insectos localizados en sus tres estadios (larvas, pupas y adultos), mediante el desmenuzamiento de las diez plantas.

En este distrito se encontraron neoquetinos, de la especie *Neochetina eichhorniae*, en la presa, en particular en el área conocida como Los Manantiales; aproximadamente en 0.5 ha. La densidad fue de 0.6 insectos adultos/planta y de 1.5 insectos/planta (considerando sus diferentes estadios). Así que existían alrededor de 123 000 neoquetinos adultos en el embalse. En la zona de la cortina no se encontraron insectos.

Al momento de la liberación en el embalse existía una población de 31.60 millones de plantas con un peso total de 4 801 toneladas. Se inició, de esa manera, con una densidad de 0.0039 neoquetinos adultos/lirio; es decir, por cada neoquetino adulto había 255 plantas de lirio (Cuadro 14 y Cuadro 15).

En la cortina de la presa, del 15 de agosto al 20 de octubre, momento de la liberación de insectos, la infestación de lirio se incrementó de 12 a 35 ha; es decir, en dos meses se incrementó 191% en la zona de la cortina (Foto 3.14). Esto fue resultado de su acelerado proceso de reproducción y por el arrastre del lirio hacia esa zona. Sin los insectos, este crecimiento explosivo del lirio es el proceso que se vive normalmente, como sucede poco después de algún control mecánico o químico.

Foto 3.13 Liberaciones abiertas. Presa Urepetiro.



La población de neoquetinos liberada mostró una propagación acelerada que, aunada a la población de insectos ya existentes en la zona de Los Manantiales, empezó a tener efectos de control del lirio. En los tres primeros meses ya no se observó el crecimiento explosivo del lirio y, a partir del cuarto mes, se presentó una disminución considerable. Para el 1° de mayo, después de 194 días, la infestación de lirio en la presa era menor a 2 ha y, durante la mayor parte de ese año, se mantuvo por debajo de esa cobertura (Gráfica 3.4 y Foto 3.15).

Las únicas zonas con plantas de lirio fueron las retenidas a la entrada de la presa en el puente de La Estancia, sobre el río Tlazazalca; el tular del área conocida como Los Manantiales y algunos recovecos dispersos, pero la infestación total existente en el vaso de la presa no sobrepasaba el 1% de la superficie del embalse. El control biológico fue exitoso y realizado en un lapso muy corto. Fue un proceso apoyado por la presencia de la especie *Neochetina eichhorneae*, ya existente en el área de Los Manantiales.

Foto 3.14 Infestación de lirio en la Presa Urepetiro. (20 de octubre, 1999).



En 2002, al margen del Programa, se efectuaron liberaciones de nequetinos aguas arriba, con la finalidad favorecer el control a mediano o largo plazos.

3.2.3 Seguimiento

El programa de control biológico concluyó en el 2000. Por falta de recursos y apoyos ya no tuvo continuidad. A pesar de buscar permanecer, ya no se tuvo presencia en este distrito.

En la presa Urepetiro, al reducirse el lirio en el 2000, la mayoría de la población de insectos también se perdió. Sin el programa y con escasa población de insectos, el lirio proveniente de las corrientes, aguas arriba de la presa, o por semilla, pronto reapareció.

En los siguientes años, la reinfestación se presentó como un proceso continuo al compás de los cambios de niveles del agua durante el año. Como producto de esta situación, la pre-

Cuadro 3.14 Condición inicial a la liberación de insectos (a). Presa Urepetiro.

Sitio	Neoquetinos				Lirio				Peso de plantas			
	Insectos liberados		Densidad de insectos existente (No/planta)		Hojas/planta		Peciole 3a hoja			Densidad de plantas		
	(Núm.)	(Núm.)	Adultos	Larvas	Pupas	(Núm.)	Ancho	Largo			(Plantas/m ²)	
Cortina	556	0	0	0	0	6.1	33	13.0	11.1	0	91	13.65
Los Manantiales	314	0.6	0	0	0.9	6.8	42	14.6	12.3	7.6	41	18.45

Cuadro 3.15 Condición inicial a la liberación de insectos (b). Presa Urepetiro.

Sitio	Insectos adultos			Embalse			
	Liberados		Total	Infestado (cobertura)		Plantas totales	Biomasa
	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(%)	(ha)	(Núm.)	(t)
Cortina	556	0	0	14.37	34.5	31 395 000	4 709.25
Los Manantiales	314	123 000	123 000	0.21	0.5	205 000	92.25
							0.15
							0.45

sa Urepetiro tenía, en diciembre de 2003, una infestación cercana al 90% (Foto 3.16)

La infestación se mantuvo hasta 2005 (Foto 3.17) y, posteriormente, al parecer el distrito ha realizado uno o dos controles mecánicos.

El problema del lirio cuando se combate en forma mecánica o química. Consiste en que se vuelve a reinfestar; máxime que no se destinan recursos suficientes para dar mantenimiento continuo. El combate se vuelve periódico con costos en permanente aumento.

Así, en el DR 061, la labor iniciada en 1999 permitió diseminar el insecto en todos los canales y drenes de su infraestructura de riego; el proceso de control avanzaba exitosamente. Sin que el distrito asimilara la experiencia, el Programa concluyó en el 2000. Desde entonces se abandonó el control biológico y hasta ahora continúan con el sistema tradicional de control mecánico del lirio.

Los logros del control biológico se perdieron en la presa, y se redujeron y limitaron en los canales y drenes porque gran parte de la población de neoquetinos se elimina periódicamente con la extracción mecánicamente del lirio.

Conocedores de que es factible reducir y controlar el lirio en la región, desde el 2001 se ha intentado realizar convenios de colaboración

para poder dar continuidad a este programa de control biológico. La Conagua, a nivel central, considera que es responsabilidad de los usuarios y los productores, por su parte, prefieren continuar como están en vez de realizar la inversión requerida.

En 2012, como se mencionó en el apartado del DR 024, se intentó sin éxito obtener recursos del Programa del Fondo de Adaptación del Cambio Climático para desarrollar un programa donde se incluían los DR 024 y 061.

En el DR 061 Zamora, ya están presentes las dos especies de neoquetinos a lo largo de toda la infraestructura de riego. Sólo es cuestión de consolidar el proceso y estrategia de este control biológico, con la participación de todos los involucrados, bajo un programa específico para reducir y controlar el lirio acuático.

3.2.4 Impacto del control biológico

No obstante que el programa de control biológico no tuvo continuidad y que desde 2001 a la fecha se continúa conviviendo con el problema del lirio, los logros obtenidos tuvieron su beneficio palpable.

Superficie bajo control

En general, se lograron eliminar 35 ha de lirio en la presa Urepetiro e influir en una reduc-

Gráfica 3.4 Reducción del lirio por control biológico.

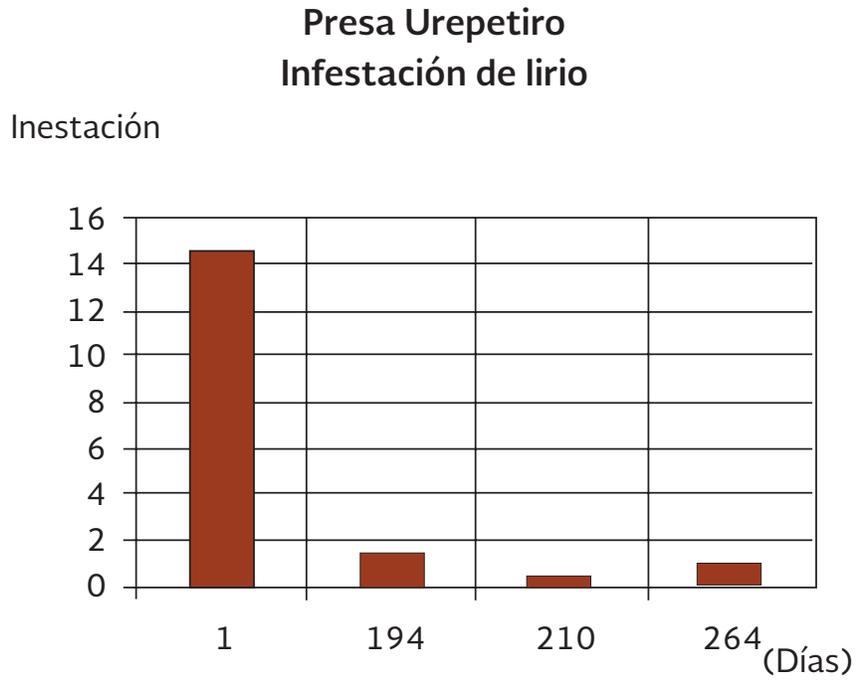


Foto 3.15 Control biológico del lirio. Presa Urepetiro. (2000).



ción, seguramente de más de 30 ha de lirio a lo largo de la infraestructura del distrito, que por su dificultad para cuantificar, no se considera en los beneficios alcanzados.

Se puede afirmar, también, que durante el 2000 se impidió la infestación de alrededor 228 ha de lirio en la presa, y que se habría tenido que eliminar a través de métodos costosos para tener el resultado alcanzado.

Lo más importante de esta experiencia es que se comprobó que se pueden mantener bajo control esas 240 ha de la presa por medios biológicos, y que ese control puede mantenerse hasta por más de diez años, como se ha logrado en los DR 010 y 018.

Además, con la información y conocimiento generados, se plantea que se está en condiciones de tener un manejo de control de lirio en toda la infraestructura del distrito (canales, drenes, río y cuerpos de agua).

Económico

En este distrito, se estima que se invirtió poco menos de 1 millón de pesos en el periodo 1998-2000 (a precios de 2005).

Para lograr eliminar esas 35 ha en forma mecánica por extracción o trituración, se habrían tenido que erogar, al menos, \$0.525 millones (\$15 000/ha de lirio, a costos del 2005).

Al considerar que se evitó una reinfestación de 228 ha, al mantener libre de lirio prácticamente todo el año, es posible afirmar que para lograr ese resultado con procedimientos mecánicos se hubiera tenido que eliminar la infestación de las 228 ha, lo cual implicaría un costo de \$3.42 millones, a precios de 2005.

Esto refleja la rentabilidad que tiene el control biológico, más aún si se lograra mantener por varios años continuos, más de diez, como se ha logrado en Sinaloa y Sonora.

Como efecto de los insectos se tiene un lirio disminuido a lo largo de los canales y drenes, lo cual seguramente ha reducido controles mecánicos que implican ahorros económicos. Como no está debidamente cuantificado, no se incluye en este resultado, pero se señala como otro beneficio colateral.

En el DR 061 Zamora, Michoacán, se ha demostrado que el control biológico es factible y rentable.

Evapotranspiración

En este trabajo se considera que como efecto de la transpiración del lirio se pierde, al menos, una cantidad igual de agua al año por efecto de la evaporación.

En este distrito se registra una evaporación de 18 760 m³/ha/año (estación meteorológica de

Zamora), por lo que se estima se pierde por transpiración de 35 ha de lirio, alrededor 656 600 m³ /año. Con ese volumen de agua ahorrado se podrían cultivar alrededor de 105 ha de maíz (considerando 6 210 m³ de agua/ha de maíz). El control del lirio en esta presa durante el 2000 implicó, en realidad, evitar la infestación de alrededor de 228 ha, lo que permite entender que los ahorros de agua fueron muy superiores a los ya mencionados.

Seguramente, existe o persiste un fuerte impacto en este rubro de ahorro del agua por la presencia de la población de neoquetinos en la presa y a lo largo de los canales y drenes que afectan gran parte de la población de lirio.

Conducción

La presencia de lirio reduce la capacidad de conducción porque impide la adecuada distribución de agua y, por lo tanto, impacta en los tiempos de riego. La presencia del insecto al eliminar o disminuir el desarrollo de la población de lirio mejora y facilita la distribución del agua y reduce las necesidades de conservación. Este fenómeno no se cuantificó, pero sus beneficios fueron evidentes, a decir de los responsables técnicos de la zona.

Pesca, ambiente y recreación

El manejo del lirio es sumamente benéfico para la actividad acuícola de la que depende

cierto grupo de la población. Permite realizar la actividad pesquera y estimula la productividad primaria de los embalses, con el incremento consecuente de diversas especies dulceacuícolas.

En el 2000 el grupo de pescadores de Tlaxalca se mantuvo muy interesado en las actividades y resultados del Programa. Reconocieron el impacto de los insectos y los beneficios que obtienen al mantener libre de lirio la presa, porque les permite dedicarse a dicha actividad. Además, señalan que le da a la presa un aspecto favorable y hace posible actividades recreativas e, incluso, turísticas.

El mantener a la presa libre de lirio le da un valor diferente al ecosistema y a la propia población que en ella vive.

Salud

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

Solamente, durante 2000, se logró este beneficio sumamente valorado por los pobladores. En este caso, es importante no sólo disminuir el desarrollo de la planta de lirio para efecto de que tenga menor talla y menor peso, sino eliminar la planta porque, de lo contrario, se

conserva el medio propicio para los mosquitos.

En este distrito, al igual que en el DR 024, no se continuó con el programa de control biológico. Desde 2001 en los canales, drenes y la propia presa sólo se aplica el control mecánico del lirio diezmando periódicamente la población de insectos. El distrito sufre así la infestación casi permanente de lirio que requiere combatir año con año a costos cada vez más elevados.

En este distrito también es factible y redituable aplicar el control biológico del lirio. Las dos especies de neoquetinos están presentes en prácticamente toda su infraestructura. Es cuestión de poner en marcha un programa específico y permanente. Los beneficios se podrán obtener en un periodo de tiempo muy corto, probablemente desde el primer año de su ejecución.

3.3. DR 030 PRESA MANUEL ÁVILA CAMACHO

3.3.1 Caracterización

La presa Manuel Ávila Camacho se localiza al sur de la ciudad de Puebla, entre las coordenadas geográficas 19° 03' de latitud norte, y en los 90° 12' de longitud oeste del meridia-

no de Greenwich (Figura 3.3). La localización geográfica de la presa, en el estado de Puebla, se muestra en los siguientes esquemas:

La imagen tomada por el satélite *Landsat* muestra las características generales, la irregularidad de la presa Manuel Ávila Camacho y la infestación de lirio acuático (INEGI, 2000) (Figura 3.4).

La presa tiene una fuerte influencia en diferentes poblaciones que bordean este cuerpo de agua (Conagua, 2000) (Figura 3.5).

La presa Manuel Ávila Camacho fue construida para riego, aprovechando los escurrimientos del río Atoyac, en beneficio de 34 340 ha (proyecto original). Dentro de esta superficie se localizan 19 municipios del estado de Puebla, comprendidos en los Valles de Tecamachalco, Tlacotepec y Tehuacán.

La presa está conformada por una cortina del tipo gravedad (peso propio) de tierra, provista por la margen izquierda de una obra de toma y de un vertedor de excedencias de cresta libre con canal lateral. La corona de la cortina mide 425 m de longitud y la altura de la sección máxima de la cortina es de 82 metros.

Para el desvío del río durante la construcción, se establecieron tres etapas: en la primera, se construyó un túnel en la ladera derecha para desviar los gastos de estiaje, iniciándose la co-

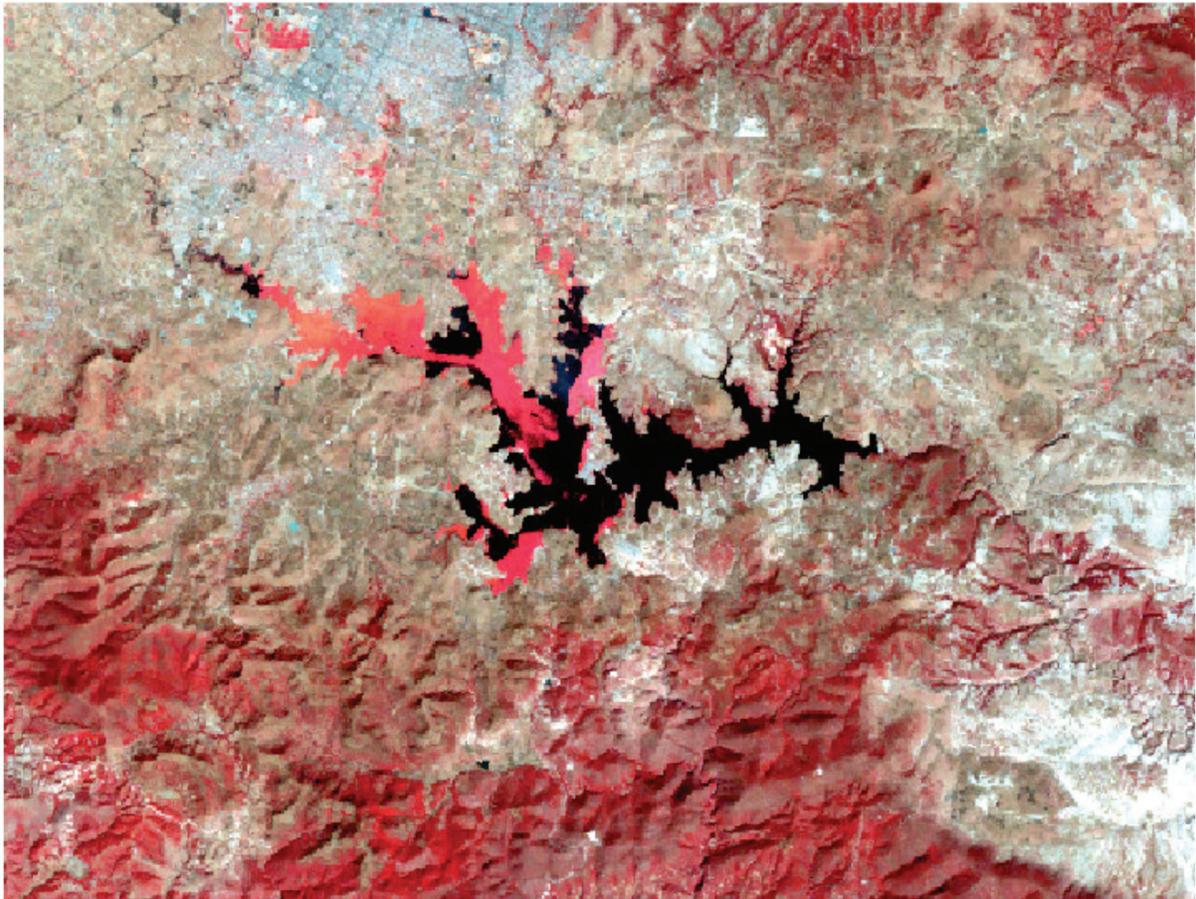
Figura 3.3 Localización. Presa Valsequillo.



localización de terracerías; en la segunda, se construyeron dos ataguías (bordos) para aislar el tramo de río correspondiente al desplante de la cortina (cimentación) y, en la tercera, aprovechando la época de estiaje, se continuó con la colocación de las terracerías que se habían iniciado en la segunda etapa, hasta terminar la cortina.

Geológicamente, el área se ubica dentro de la gran provincia neovolcánica de México. En la región cercana predominan las rocas sedimentarias marinas cretácicas, principalmente calizas y lutitas que forman las sierras de Amozoc-Tepeaca, Tetzoyocan y El Tentzo. Estas dos últimas corren de norte a sur y el valle del curso medio del Atoyac queda comprendido

Figura 3.4 Imagen satelital de la presa. Fuente: INEGI, 2000.



entre ellas. Hacia el norte, van apareciendo lavas andesíticas, cenozoicas en diferentes emi-nencias, hasta culminar con la montaña La Ma-lintzin. Más retirado, al poniente, está la Sierra Nevada, de la que forma parte el Iztaccíhuatl. Regionalmente, también están presentes to-bas detríticas, arenosas y arcillo-arenosas de origen volcánico, depósitos lacustres, depósi-tos calizos de origen químico, o sea tobas calizas, travertinos y ónix mexicano (tecali). Tam-bién se observan conglomerados formados con clastos de calizas y pedernal. Por último,

se localizan basaltos de conos los cuales están diseminados en la región.

En el sitio donde se localiza la presa, el río Ato-yac abrió su cauce en forma de cañón angosto y profundo, en un conglomerado calizo. Este conglomerado está formado por clastos de caliza y algo de pedernal negro que proviene de las calizas cretácicas. Es muy compacto y en conjunto homogéneo con una estratificación imperfecta en forma de potentes bancos. Los conglomerados fueron cubiertos localmente

por las lavas basálticas de tres pequeños volcanes que están hacia la margen derecha del río Atoyac.

El área máxima inundada por el embalse es de 2 595 ha, a una elevación 2 059 msnm a nivel vertedor (estudio de batimetría de 1970); la longitud máxima de 17.2 km y ancho máximo de 9.2 km; la profundidad máxima es de 32 m (frente a la cortina) y la media es de 13 m a presa llena.

La capacidad máxima de almacenamiento original (1946) era de 404.5 millones de m³, aunque se determinaron 303.7 millones de m³, según el estudio batimétrico de 1970 (dato oficial actual); la capacidad media se determinó en 228 millones de m³ en septiembre de 1998. El área de la cuenca del río Atoyac, que es la aportadora del vaso, es de 3 923 km²; dentro de la zona local al embalse se localizan 17 comunidades.

La capacidad útil de almacenamiento de la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) en el periodo 1993-1997 y en el año 2000 era de 265.2 millones de m³, y volumen anual utilizado se encuentra alrededor de los 200 millones de m³, empleados básicamente para riego (Cuadro 16 y gráfica 5).

La zona federal es de 10 m. En los sitios de inundación el nivel de aguas máximas extraordinarias es a la elevación de 2 062 msnm

(NAME) y de 50 m en las zonas de protección de la obra.

El clima del área que ocupa la presa Valsequillo corresponde a un templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. La temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C; la precipitación total anual tiene un rango de 600 a 1 000 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 milímetros.

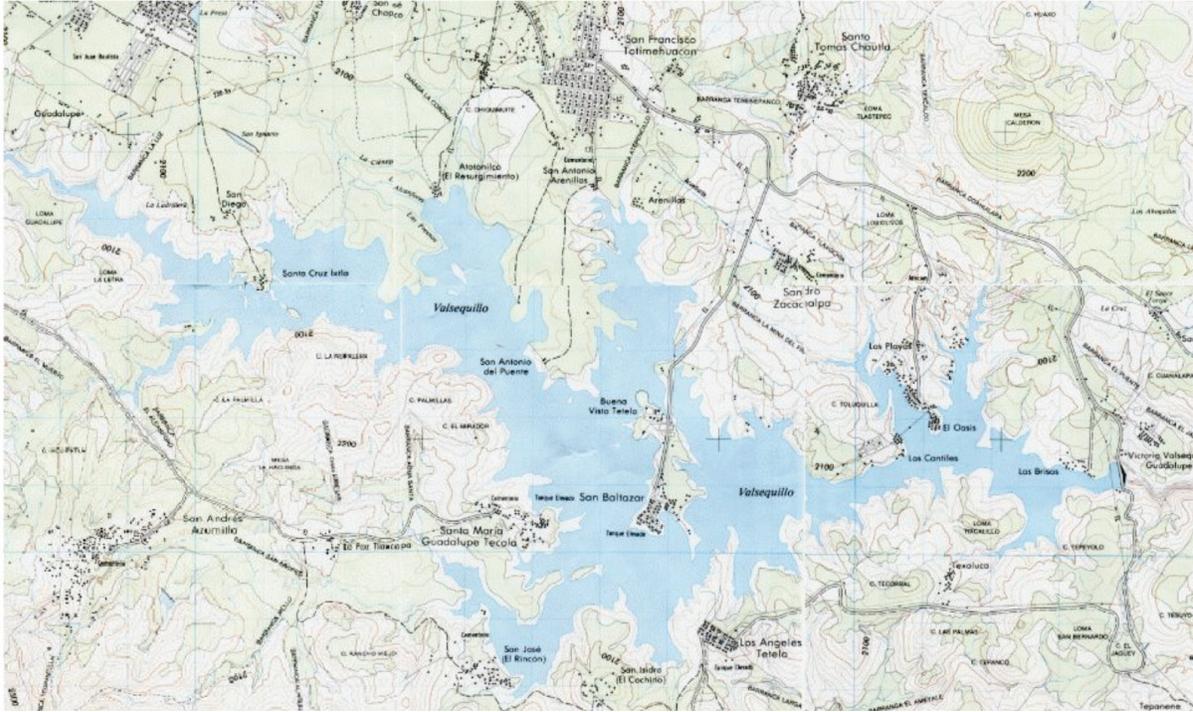
En el ciclo agrícola 2011-2012 la superficie sembrada y cosechada total fue de 21 937 ha; en el ciclo P-V 16 720, de las cuales 84% es maíz grano, y perenes, 5 218 ha (100% alfalfa) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Padrón de cultivos. DR 030 (2011-2012).

Dentro y alrededor del embalse de la presa se encuentra una vegetación acuática constituida por *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), *Berula erecta*, *Scirpus americano*, *Typha domingensis* e *Hidrocotyle spp*, entre otras (IMCYL, 1995).

En cuanto a la fauna, el número de las especies se ha reducido debido a los problemas de contaminación. Se tiene conocimiento de la existencia de *Cyprinus carpio communis*, (carpa común), *Tilapia melanopleura* y *Tilapia spp.*, con grandes problemas para mantener su ciclo reproductivo y, en consecuencia, su existencia en dicho embalse.

Figura 3.5 Numerosas comunidades bordean la presa.



El río Atoyac presenta un gasto medio anual de $9.3 \text{ m}^3/\text{s}$, generando un volumen promedio anual de 367 millones de m^3 ; el Alseseca con $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (medio anual), con una generación de volumen promedio anual de 53 millones de m^3 , incluyendo las aguas residuales.

El río Atoyac aporta 69 t/día de contaminantes. Dentro de éstas comprende 8 t/día de su tributario río Zahuapan y 21.5 t/día del río San Francisco, lo que finalmente, junto a las 28 t/día aportadas por el río Alseseca y sus afluentes, propicia un severo problema de contaminación en la presa. Esta contaminación, de origen doméstico e industrial, ocasiona la generación de olores desagradables y coloración verde del

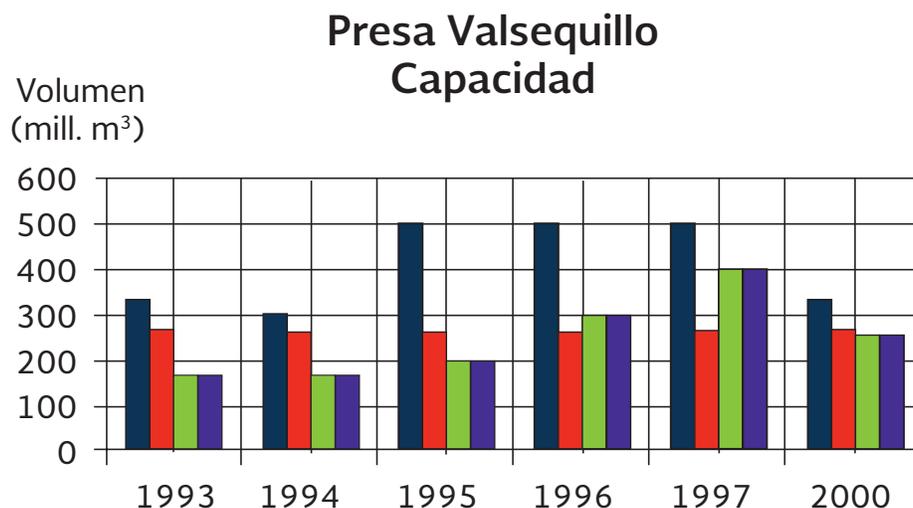
agua, lo que indica un gran contenido de materia orgánica y nutrientes tales como fósforo y nitrógeno, sedimentos y contaminantes de origen industrial. Estos nutrientes y sedimentos favorecen la proliferación de lirio acuático, ya que son elementos principales para su reproducción y crecimiento, acelerando el proceso de enriquecimiento (eutroficación).

La presa Manuel Ávila Camacho tiene problemas crónicos: alta contaminación, severa infestación de lirio acuático, olores desagradables, muerte masiva de peces, desaparición paulatina de especies nativas y elevada proliferación de mosquitos.

Cuadro 3.16 Capacidad de la presa Valsequillo.

Año	Capacidad total de almacenamiento (millones de m ³)	Capacidad útil de almacenamiento (millones de m ³)	Área de captación (ha)	Volumen anual utilizado (millones de m ³)		
				Total	Riego	Generación de energía eléctrica
1993	330.58	265.12	392 320.00	166.81	166.81	0.00
1994	303.70	265.12	392 320.00	166.81	166.81	0.00
1995	497.33	265.12	392 320.00	198.00	198.00	0.00
1996	497.33	265.12	392 320.00	306.00	306.00	0.00
1997	497.33	265.12	392 320.00	395.67	395.67	0.00
2000	330.58	265.12	392 320.00	254.99	254.99	0.00

Gráfica 3.5 Capacidad de la presa Valsequillo (1993-2000).



En 2001, este embalse presentaba alrededor de 2 000 ha infestadas de lirio acuático. Para combatir esta maleza, se han destinado cuantiosos recursos económicos para realizar su trituración y extracción manual, pero todas es-

tas medidas no han sido suficientes ni efectivas ya que al poco tiempo de realizado el control, el embalse se reinfesta (Foto 3.18). Por este motivo, personal técnico de la Conagua y el IMTA decidieron, en forma conjunta, iniciar

Cuadro 3.17 Padrón de cultivos. DR 030 (2011-2012)

Ciclo	Superficie (Ha)	Rend. (Ton/Ha)	Producción (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	Valor de la cosecha (Miles \$)
Modalidad					
Cultivo					
Total General	21 937	21 937	21.92	480 931	1 208 581 024.36
Primavera-Verano	16 720	16 720	6.58	110 061	4 044 445 073.78
Riego	16 720	16 720	6.58	110 061	4 044 445 073.78
Brócoli	207	207	0.51	105	95 298 9 990.15
Calabaza	722	722	0.95	688	14 495 9 990.56
Cártamo	14 034	14 034	6.95	97 475	3 926 382 651.84
Cebada	1 756	1 756	6.71	11 792	3 600 42 452.23
Primavera-verano	5 218	5 218	71.08	370 870	367 135 950.58
Riego	5 218	5 218	71.08	370 870	367 135 950.58
Cebolla	5 218	5 218	71.08	370 870	367 135 950.58

acciones de control biológico para validar los insectos (neoquetinos) como agentes de control del lirio acuático en esta presa.

3.3.2 Parcela demostrativa

En el DR 010, Culiacán-Humaya, Culiacán, Sinaloa, se capturaron aproximadamente 24 000 neoquetinos de ambas especies *Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae* (Foto 3.19).

Los insectos se colectaron al interior de los frascos y se colocaron sobre los pecíolos del lirio acuático dentro de la hielera, en la que se movilizaron desde Culiacán hasta Puebla.

Con fines de demostración y experimentación, se construyeron diez parcelas de PVC sanitario, ocho de las cuales midieron 1 m² de

base por 1.50 m de altura (tridimensionales); las dos restantes, sólo de 1 m² (bidimensionales). Las ocho parcelas tridimensionales se cubrieron con malla.

Para la instalación de las parcelas se seleccionaron dos sitios: Zacachimalpa y San Baltazar Tetela (Foto 3.20), por ser representativas y de fácil acceso, además de ser más seguras para realizar las evaluaciones posteriores (cuatro parcelas tridimensionales y una bidimensional se colocaron en cada uno de los dos sitios elegidos). Para evitar el movimiento excesivo de las parcelas, todas fueron ancladas con pedazos de PVC rellenos de cemento.

En cada sitio en las cinco parcelas se colocaron veinte plantas de lirio acuático. En tres parcelas experimentales se liberaron neoque-

Foto 3.16 Reinfestación de la presa (2003).



Foto 3.17 Infestación de lirio. Presa Urepetiro (2005).



Foto 3.18 Infestación de lirio en la presa Valsequillo.



tinios de ambos sexos y de las dos especies (*Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*). En una de las parcelas se liberaron tres insectos por planta (sesenta organismos); en la otra seis (120 organismos) y, en la última, 12 (240 organismos) las otras dos parcelas fueron testigo. Este proceso se realizó en los dos sitios seleccionados, por lo tanto se emplearon con carácter experimental un total de 840 insectos (420 insectos en cada sitio).

Los parámetros utilizados para evaluar las parcelas fueron los siguientes: en cada parcela se contó el número de plantas vivas y muertas; además, se extrajeron tres plantas al azar, las cuales se pesaron, se les midió la altura del

tercer pecíolo, se contó el número de hojas por planta y la densidad de insectos; también, en cada una de las tres plantas, en cualquiera de sus tres estadios (adulto, larva o pupa). Las tres plantas se destruyeron necesariamente por la búsqueda de insectos. Las evaluaciones se hicieron cada diez días (Foto 3.21). Para tal efecto, se diseñaron las hojas de campo que establecen los parámetros que deberían considerarse en cada caso.

Las parcelas establecidas en San Baltazar Tetela fueron objeto de robo y no se pudo rescatar mayor información. Por ello, los resultados sólo corresponden a las parcelas de Zacachimalpa, tres experimentales y dos testigos.

Foto 3.19 Colecta de insectos.



Las evaluaciones se efectuaron cada diez días y permitieron observar el proceso de expansión de los insectos, así como el daño que provocaron sobre el lirio acuático. La adaptación de los neoquetinos se dio de manera paulatina, puesto que se localizaron organismos y huellas de su actividad alimenticia.

A pesar de que las parcelas fueron invadidas por otra maleza acuática flotante conocida como “lenteja de agua” (*Lemna spp*), los distintos tratamientos descritos en la metodología mostraron la efectividad de los neoquetinos. Las parcelas con un mayor número de neoquetinos por planta redujeron la maleza de manera más expedita. Contrariamente, se puede observar que las parcelas que no tuvieron contacto con los insectos, el aumento de la población de lirio acuático se dio sin restricciones.

Foto 3.20 Establecimiento de parcelas.: Zacachimalpa y San Baltazar Tetela



Foto 3.21 Evaluaciones periódicas.



Asimismo, el efecto de control del insecto, el frío y la baja profundidad de la zona determinaron una baja talla de la población de lirio, además de la apariencia de parecer quemada.

Se realizaron, en total, 12 muestreos durante 122 días, que permitieron determinar claramente el efecto de control de la maleza (Foto 3.22 y Cuadro 18).

A diferencia de las parcelas experimentales en Sinaloa, Sonora y Michoacán, en ésta, la variable principal fue la densidad alta de insectos. Se inició con poca población de lirio para acelerar y comprender mejor el proceso de control.

La gráfica 6 muestra la evolución de los insectos. Se inicia con una población alta de insectos de 3, 6 y 12 adultos/planta y una población baja

Cuadro 3.18 Resultados de la parcela experimental.

Parcela	Días	Fecha	Insectos/planta (Núm.)			Altura 3ª hoja	Mordeduras	Plantas peso	Plantas
			Adultos	Larvas	Pupas	(cm)	(Núm.)	(g)	(Núm.)
3 adultos	1	06-dic.-02	3.00	0.00	0.00	9.00	0.00	113.33	20
	5	11-dic.-02	2.00	0.00	0.00	9.00	1.33	113.33	23
	17	23-dic.-02	1.33	0.00	0.00	7.73	48.67	113.33	36
	29	04-ene.-03	3.33	0.00	0.00	6.83	36.00	130.00	32
	39	14-ene.-03	1.00	0.00	0.00	8.60	33.00	151.67	37
	50	25-ene.-03	0.67	0.00	0.00	8.23	41.33	76.67	27
	59	03-feb.-03	0.00	0.00	0.00	7.33	38.00	132.67	28
	69	13-feb.-03	1.67	0.00	0.00	9.30	31.33	85.00	30
	80	24-feb.-03	1.67	0.00	0.00	8.00	20.00	46.00	32
	90	06-mar.-03	1.00	0.00	0.00	9.00	36.00	193.33	40
	101	17-mar.-03	1.33	0.33	0.00	11.00	24.00	153.33	49
	111	27-mar.-03	0.67	0.00	0.00	8.00	20.33	125.00	48
122	07-abr.-03	0.33	0.33	0.00	7.77	19.33	66.67	5	
6 adultos	1	06-dic.-02	6.00	0.00	0.00	7.17	0.00	99.33	20
	5	11-dic.-02	1.33	0.00	0.00	7.17	17.67	99.33	24
	17	23-dic.-02	2.00	0.00	0.00	6.80	84.67	99.33	31
	29	04-ene.-03	1.67	0.00	0.00	6.33	63.67	110.00	26
	39	14-ene.-03	3.00	0.00	0.00	9.33	51.67	86.67	29
	50	25-ene.-03	0.00	0.00	0.00	10.43	56.33	146.67	28
	59	03-feb.-03	0.00	0.00	0.00	10.33	2.67	108.33	33
	69	13-feb.-03	2.00	0.00	0.00	8.73	62.00	102.00	37
	80	24-feb.-03	1.67	0.00	0.00	13.33	32.33	103.33	41
	90	06-mzo.-03	1.33	0.00	0.00	9.17	19.67	136.67	41
	101	17-mzo.-03	2.00	0.33	0.00	7.83	30.33	116.67	38
	111	27-mzo.-03	0.33	0.00	0.00	8.13	19.33	63.33	39
122	07-abr.-03	0.67	0.00	0.00	8.80	25.67	65.00	5	
12 adultos	1	06-dic.-02	12.00	0.00	0.00	8.67	0.00	113.33	20
	5	11-dic.02	13.33	0.00	0.00	8.67	49.00	113.33	25
	17	23-dic-02	8.67	0.00	0.00	8.40	147.67	113.33	37
	29	04-dic.-03	4.67	0.00	0.00	7.93	126.67	180.00	29
	39	14-ene.-03	2.00	0.00	0.00	8.00	151.67	140.00	24
	50	25-ene.-03	2.00	0.00	0.00	8.00	151.67	140.00	24
	59	03-feb.-03	1.00	0.00	0.00	8.63	145.33	96.67	19
	69	13-feb.-03	3.33	0.00	0.00	7.50	54.33	58.33	23
	80	24-feb.-03	2.00	0.00	0.00	12.00	42.00	71.67	17

Cuadro 3.25 Resultados de la parcela experimental. (Continuación)

Parcela	Días	Fecha	Insectos/planta (Núm.)			Altura 3ª hoja	Mordeduras	Plantas peso	Plantas
			Adultos	Larvas	Pupas	(cm)	(Núm.)	(g)	(Núm.)
12 adultos	90	06-mzo.-03	2.67	0.00	0.00	8.47	64.67	130.00	10
	101	17-mzo.-03	0.67	0.00	0.00	8.17	61.33	93.33	4
	111	27-mzo.-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2
	122	07-abr.-03	0.00	0.00	0.00	8.50	21.00	56.00	5
Testigo c/malla (sin insecto)	1	06-dic.-02	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	100.00	20
	5	11-dic.-02	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	100.00	20
	17	23-dic.-02	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	100.00	25
	29	04-ene.-03	0.00	0.00	0.00	7.33	0.00	66.67	24
	39	14-ene.-03	0.00	0.00	0.00	7.43	0.00	86.67	26
	50	25-ene.-03	0.00	0.00	0.00	8.47	0.00	96.67	29
	59	03-feb.-03	0.00	0.00	0.00	9.70	0.00	79.33	39
	69	13-feb.-03	0.00	0.00	0.00	7.67	0.00	50.00	34
	80	24-feb.-03	0.00	0.00	0.00	7.83	0.00	40.00	33
	90	06-mzo.-03	0.00	0.00	0.00	9.77	0.00	90.00	61
	101	17-mzo.-03	0.00	0.00	0.00	11.33	0.00	143.33	60
	111	27-mzo.-03	0.00	0.67	0.00	8.90	2.67	53.33	68
122	07-abr.-03	0.67	0.33	0.00	8.50	48.33	42.33	70	
Testigo cuadro s/ malla, (sin insecto)	1	06-dic.-02	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	170.00	20
	5	11-dic.-02	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	170.00	24
	17	23-dic.-02	0.00	0.00	0.00	6.13	0.00	170.00	24
	29	04-ene.-03	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	83.33	47
	39	14-ene.-03	0.00	0.00	0.00	8.20	0.00	120.00	63
	50	25-ene.-03	0.00	0.00	0.00	9.67	0.00	49.33	58
	59	03-feb.-03	0.33	0.00	0.00	7.27	83.33	81.67	86
	69	13-feb.-03	0.33	0.00	0.00	7.00	0.00	58.33	129
	80	24-feb.-03	1.67	0.00	0.00	10.67	4.00	108.33	113
	90	06-mzo.-03	0.00	0.00	0.00	9.60	0.00	153.33	145
	101	17-mzo.-03	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	93.33	165
	111	27-mzo.-03	0.00	0.33	0.00	9.17	1.00	63.33	180
122	7-abr.-03	0.00	0.33	0.00	10.00	0.00	36.67	195	

Foto 3.22 Resultado de las parcelas.



de veinte plantas por parcela, lo cual no fue favorable para el desarrollo del insecto. Ante el limitado medio para desarrollarse desde los primeros treinta días, se da un decremento de los insectos, posiblemente por migración, muy notorio en la parcela de la densidad de 12 insecto/planta. Aunque ocurre esta disminución, es muy evidente el fuerte daño al lirio.

El resultado del control fue contundente en todas las parcelas experimentales. Quedaron sólo cinco de veinte plantas iniciales; es decir, el 25 %, mientras que las parcelas testigo con y sin malla aumentaron a 70 y 195 plantas, respectivamente; es decir, sufrieron un incremento de 350 y 975% (Gráfica 3.7). No obstante la diferencia de las parcelas testigo, seguramente por la malla, en ambas se mostró el crecimiento explosivo característico de esta planta.

Al final del experimento, los neoquetinos al

igual que el lirio, se redujeron en las parcelas experimentales a dos, cuatro y cero neoquetinos; es decir, descendieron a densidades de 0.33, 0.67 y 0 neoquetinos/planta (ver Gráfica 3.6).

Por el bajo nivel del agua en la zona las parcelas, ya no pudieron mantenerse más tiempo y se dio por concluido.

Las tres densidades empleadas, de tres, seis y nueve insectos/planta, permiten un control evidente.

Entender el efecto e impacto del insecto bajo diferentes densidades es de gran importancia para hacer un mejor manejo del proceso de control. Este diseño deja tal experiencia y queda como línea de trabajo realizar un diseño experimental con densidades entre 0.5, y 3 insectos/planta para obtener datos complementarios de este proceso de control.

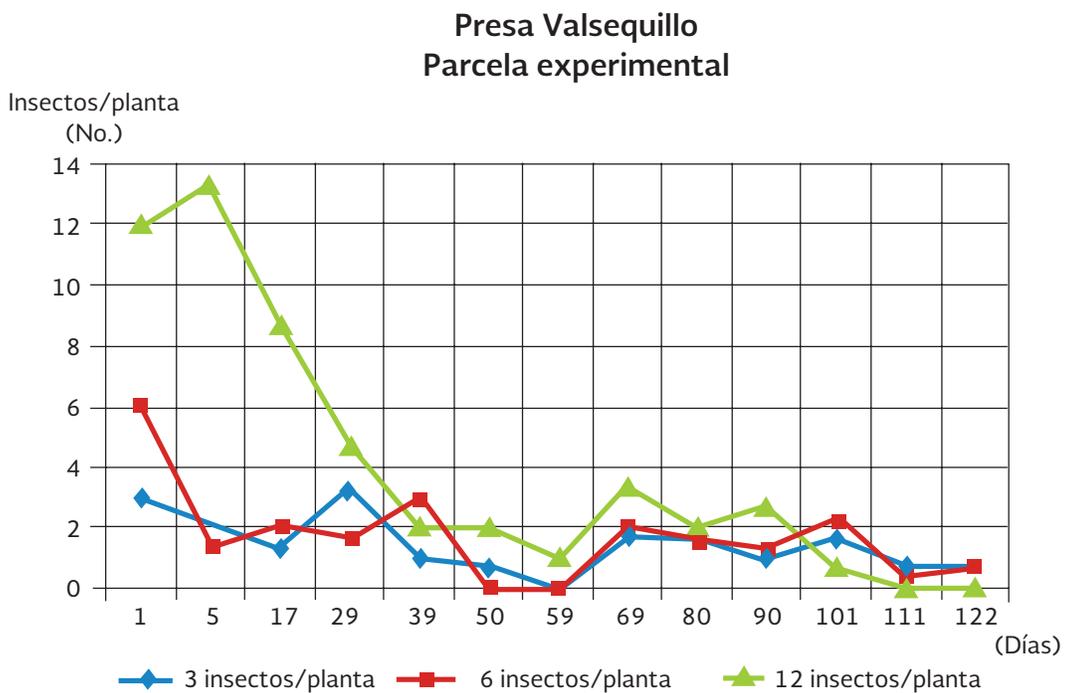
Es importante observar que, salvo en dos registros, prácticamente no se detectaron larvas y ninguna pupa. Existe la posibilidad de que hubiera ocurrido algún error en la revisión de los muestreos de estos dos estadios del insecto, o bien, que los cambios del nivel del agua en las parcelas inhibieran su desarrollo o incluso que la calidad del agua sea una limitante del insecto. Con la atención en el control del lirio (reducción del lirio) durante el desarrollo de las parcelas, no se valoró oportunamente esta información.

En la Gráfica 3.8 se muestran los rastros de las mordeduras promedio que realizan los insectos en la tercera hoja del lirio. En todas las

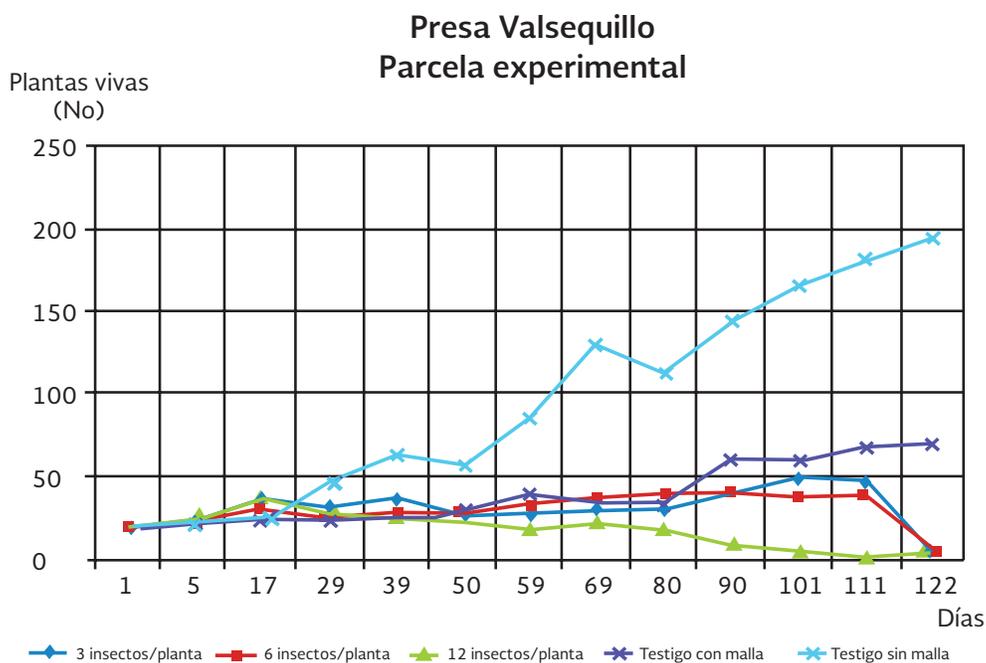
parcelas se notó este efecto, desde el inicio del experimento hasta su conclusión.

Como era de esperarse, a mayor densidad de insectos hubo mayor daño en la planta, registrándose mayor número de huellas de mordeduras en la hoja. A los 17 días se registraron 50, 83 y 148 mordeduras/hoja en las parcelas, con 3, 6 y 12 neoquetinos, respectivamente, que hacen evidente la actividad de los mismos. Hasta el día 50, aún se mantenía la diferencia de daño en las huellas de la mordedura; posteriormente, se registra una presencia similar de mordeduras porque las densidades de insectos se van asemejando.

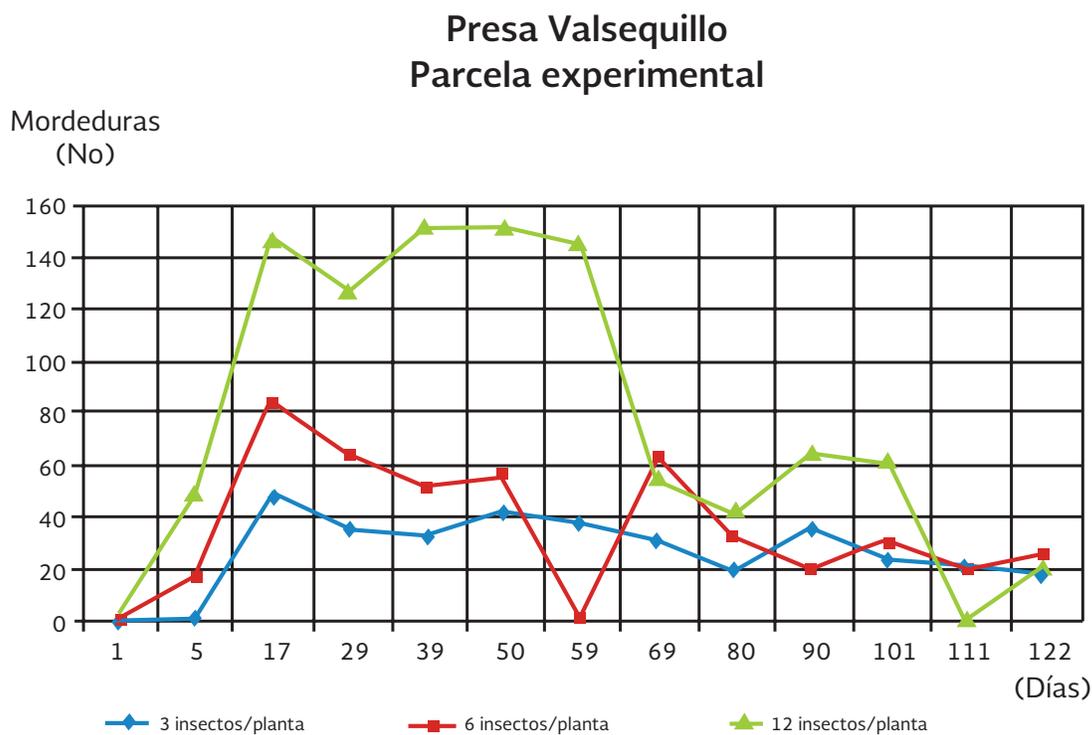
Gráfica 3.6 Comportamiento de los insectos adultos en parcelas.



Gráfica 3.7 Comportamiento del lirio, según la densidad inicial del insecto.



Gráfica 3.8 Mordeduras, de acuerdo con la densidad de insectos inicial.



Cuadro 3.19 Liberaciones abiertas. Presa Valsequillo.

Sitio	Nombre	Cantidad
1	San Baltazar Tetela	2 020
2	El Rincón	1 710
3	Guadalupe Tecola	1 840
4	Los Ángeles Tetela	1 600
5	Guadalupe Tecola (2)	2 000
6	Ixtla Sur (entrada a la presa)	2 500
7	Ixtla Sur 2 (entrada a la presa)	2 050
8	Atotonilco Resurgimiento	1 650
9	Atotonilco Resurgimiento 2	1 500
10	Zacachimalpa	1 500
11	La Nopalera	1 580
12	San Baltazar Tetela (cancha de fútbol)	2 500
TOTAL		22 450

Foto 3.23 Liberaciones abiertas en la presa.



Es importante destacar que en las parcelas testigo, sin insectos (con y sin malla), se presentaron mordeduras, sobre todo en la parcela etiquetada como “sin malla”. Esto evidenció cierta migración de los insectos de las parcelas aledañas y que, de alguna manera, también afectaron el desarrollo del lirio, pero no variaron las tendencias gene-

rales y si funcionaron adecuadamente como testigos.

3.3.3 Liberación abierta de agentes de control

De manera paralela a la instalación de las parcelas, se procedió a liberar abiertamente alre-

dedor de 22 450 neoquetinos en 12 puntos que rodean a la presa Valsequillo (Foto 3.23). La cantidad de insectos liberados en cada punto varió entre 1 000 y 2 500, dependiendo de los niveles de infestación presentes (Cuadro 19).

La cantidad de insectos liberados fue alta, en comparación a lo liberado en otros distritos. Se pretendió, así, sentar las bases para un programa de control biológico de varios años.

Al igual que en las parcelas demostrativas, la periodicidad para evaluar las liberaciones abiertas fue de diez días. De los 12 sitios donde se procedió a liberar abiertamente a los insectos, se seleccionarán sólo dos “estaciones de muestreo” (San Pedro Zacachimalpa y San Baltazar Tetela) que representaban las condiciones locales y que no implicaban riesgos innecesarios a los evaluadores. Con el fin de que las evaluaciones se llevaran a cabo de la mejor manera posible, los técnicos locales responsables de este proceso fueron capacitados,

tanto de manera formal como en servicio.

Los parámetros y metodología para determinar las poblaciones liberadas abiertamente fueron los mismos que los seleccionados en los DR 018, Colonias Yaquis, Sonora; 024, Ciénega de Chapala, Michoacán, y 061, Zamora, Michoacán. Consisten en cuantificar el número de plantas en un metro cuadrado y, por medio de la extracción al azar de diez plantas de lirio como muestra representativa, se determina el número de pecíolos por planta, la altura del tercer pecíolo (por ser la hoja intermedia en cuanto a su desarrollo), el largo y el ancho de la tercera hoja, las mordeduras de esta tercera hoja y el número de insectos localizados en sus tres estadios (larvas, pupas y adultos), mediante el desmenuzamiento de las diez plantas (Foto 3.24).

Respecto a los organismos liberados abiertamente, se verificó su presencia (huellas de

Foto 3.24 Evaluaciones periódicas en la presa Valsequillo.



Foto 3.25 Rastros de las mordeduras de insecto en el lirio.



mordeduras sobre las hojas) en algunos puntos donde fueron liberados. Sin embargo, la gran movilidad del propio lirio acuático, así como la dificultad para realizar los muestreos, impidieron una estimación precisa sobre su adaptación en el área.

En el recorrido efectuado el 6 de febrero de 2003, se encontraron las huellas de mordedura del insecto, lo que demuestra que los nequetinos estaban consumiendo el lirio de la presa Valsequillo (Foto 3.25).

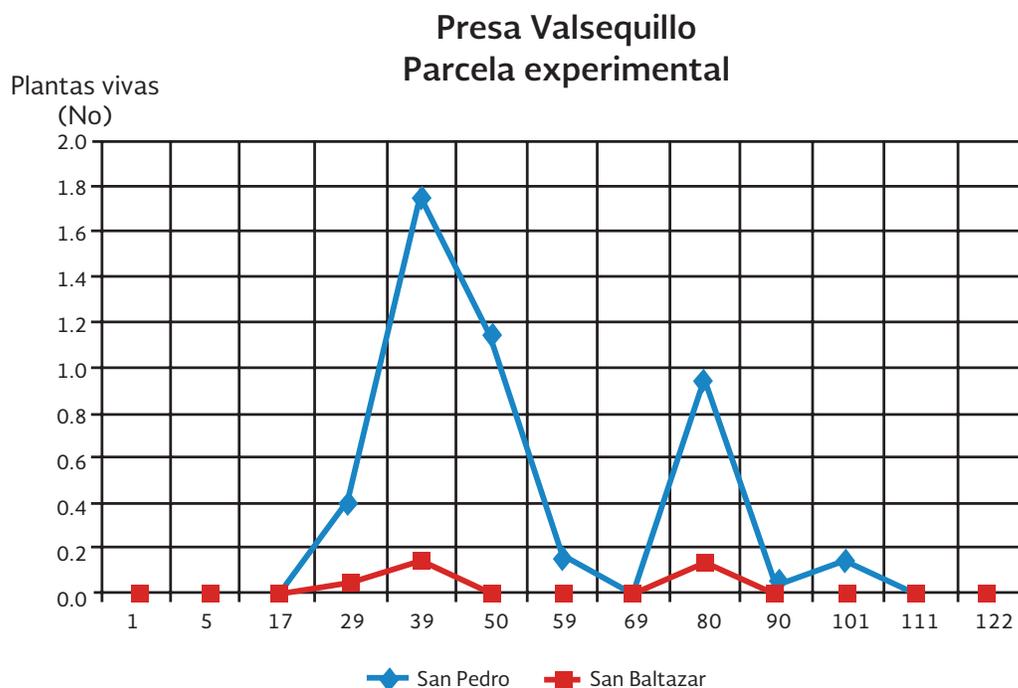
A pesar de que el seguimiento de la liberación abierta correspondía a una segunda etapa del proyecto, se adelantó para valorar el compor-

tamiento de la población en estas condiciones climáticas de Puebla. Se revisó la información obtenida y se elaboraron varias gráficas que muestran, en general, la evolución de los insectos, así como el daño que causaron a las plantas de lirio acuático.

Se cumplieron los objetivos planteados para la primera etapa del proyecto y se dejó la base fundamental para realizar el programa de control biológico en la presa.

Aunque no se registró una actividad biológica significativa, lo más importante es que los nequetinos lograron sobrevivir durante los meses más fríos que prevalecieron en Valsequillo,

Gráfica 3.9 Comportamiento de la población de insectos.



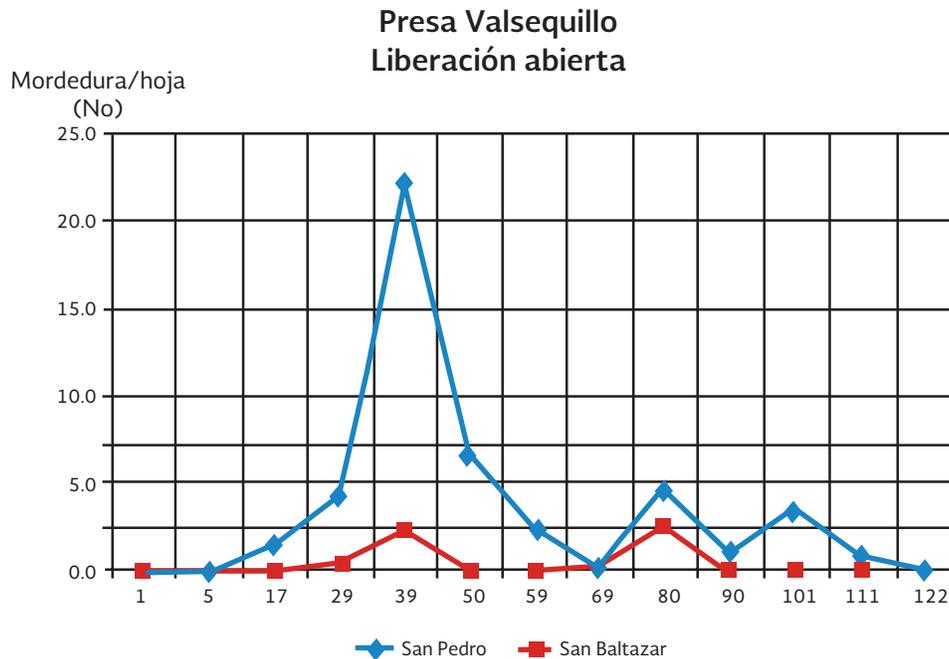
lo cual era una de las principales preocupaciones de corroborar para lograr eficiencia en el proyecto.

En la Gráfica 3.9 se presenta el registro de los neoquetinos adultos durante 122 días. La máxima densidad registrada fue de 1.75 neoquetinos adultos y, al término del muestreo, ya no se encontraron insectos. El seguimiento fue complicado por el fuerte movimiento de los tapetes de lirio y de la población de insectos, así como por la reducción del nivel del agua, que acabó con una parte del lirio y de insectos liberados.

Las huellas de las mordeduras de los insectos tienen una relación directa con el comportamiento de la población de los insectos. Así, en el sitio de San Pedro Zacachimalpa, donde se registraron las densidades más altas de insectos, también se encontró el mayor número de marcas: 22 mordeduras/hoja. Posteriormente, al igual que los insectos, descendió hasta desaparecer (Gráfica 3.10). En el sitio de San Baltazar Tetela, en ningún momento se rebasaron las tres mordeduras/hoja.

Las huellas que dejan los insectos son uno de los indicadores sencillos para detectar su presencia, lo cual es importante transmitir a los

Gráfica 3.10 Registro de las huellas de las mordeduras.



productores y técnicos para su adiestramiento en el manejo del método biológico de control.

En este distrito y, particularmente en la presa, una vez realizados los trabajos de las parcelas, concluyó el programa y, por tanto, su seguimiento.

3.3.4 Impacto control biológico

Las densidades altas de neoquetinos adultos empleadas en la parcela experimental en la presa Valsequillo controlan el lirio. Para alcanzar esa densidad, se requiere que el insecto se reproduzca y complete su ciclo de vida en las condiciones de la presa durante todo el año. En los muestreos realizados, prácticamente no

se encontraron larvas ni pupas, por lo que no se tiene la certeza de que el insecto pueda cumplir su ciclo de vida.

De los distritos donde se ha aplicado este programa este es el único distrito donde se tienen dudas de que el control biológico empleado neoquetinos pueda funcionar adecuadamente.

Búsqueda de la continuidad del control biológico

En 2003 fueron presentados los resultados obtenidos en las parcelas a los técnicos y autoridades de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (Sedurbecop) y de la

Conagua del estado de Puebla. Se demostró la efectividad de los neoquetinos adultos como agentes de control de lirio acuático en la presa Valsequillo y se hizo énfasis respecto a las liberaciones abiertas realizadas.

La Sedurbecop había decidió introducir equipo mecánico (conocidos como “retadores”) para triturar el lirio y “limpiar” el vaso de la presa de manera más rápida. Al respecto, el IMTA, en 2003, elaboró una propuesta que consideraba como estrategia fundamental la coordinación con el personal ejecutor de la trituración para que se dejaran pequeños re-

servorios compuestos por lirio acuático donde se reproducirían los insectos.

La propuesta del control biológico tenía un costo de \$2.5 millones anuales, con la intención de reducir en forma permanente el lirio después del tercer año, como se ha logrado en las otras experiencias mencionadas (DR 010 Culiacán Humaya, Sinaloa, DR 018 Colonias Yaquis, Sonora, DR 024 Ciénega de Chapala, Michoacán y DR 061 Zamora, Michoacán).

En 2003 la Sedurbecop solamente autorizó el control mecánico y mediante la trituración

Foto 3.26 Reinfestación después del control mecánico (2004).



eliminó la población de lirio, pero también eliminó los neoquetinos liberados en diciembre de 2002. Al siguiente año y en poco tiempo, se inició en algunos sitios el proceso de reinfestación del lirio (Foto 3.26).

En este distrito se optó por el control mecánico y se descartó el control biológico. Actualmente, en 2014, se continúa conviviendo con el lirio, controlándolo periódicamente con altos costos que aumentan cada año.

Así, la instalación de las parcelas experimentales permitió validar al neoquetino adulto como agente de control del lirio. Sin embargo, con la información generada, también surgió la duda de que el insecto pueda cumplir cabalmente su ciclo de vida durante todo el año.

Perspectivas

Es indispensable realizar estudios para conocer si el insecto, en las condiciones de la presa, puede reproducirse y desarrollarse en sus diferentes estadios durante todo el año. Determinar así la factibilidad del control biológico del lirio en este distrito.

De comprobarse el desarrollo completo del insecto, es conveniente realizar en forma inmediata un programa de control biológico por los grandes beneficios que implica.

3.4. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Ya se ha demostrado la eficiencia y eficacia del método de control biológico del lirio acuático empleando neoquetinos en distritos de riego de Sinaloa, Sonora y Michoacán con situación geográfica, condiciones climatológicas y calidad del agua diferentes. Esto permite aseverar que el método puede ser aplicable a la mayoría de los distritos de riego del país.

En el DR 030 Valsequillo, Puebla, en la presa Valsequillo, aunque en el terreno experimental el control biológico del ilirio fue exitoso empleando densidades altas de neoquetinos adultos, requiere de mayores estudios para determinar la factibilidad del método en forma abierta.

En ese sentido es indispensable fortalecer el proceso de investigación, en particular en la presa Valsequillo, y en general, en diversos temas relacionados con este método de control, tal como la relación entre lirio acuático, su agente de control y el ecosistema; el comportamiento de los neoquetinos en diferentes regiones climáticas (temperatura, precipitación, radiación, etcétera); la relación de los neoquetinos con la calidad del agua (contaminación, salinidad, pH, etcétera) y con las características bromatológicas del lirio acuático.

Foto 3.27 Parcela experimental del crecimiento de lirio.



Existe un gran campo de investigación para consolidar el proceso de control biológico del lirio. En ese continuo buscar mejoras metodológicas, estratégicas e incluso nuevos agentes de control biológico, se presentan los siguientes resultados.

3.4.1 Índice de crecimiento del lirio

El índice de crecimiento de lirio acuático se ha determinado por diversos investigadores en distintos sitios y bajo diferentes climas. En

Cuadro 3.20 Diseño experimental.

Tratamientos	Plantas (Núm.)	Biomasa (g)
1	1	354
2	3	1 068
3	6	2 738
4	9	4 000

abril de 1997, mediante la colaboración con la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, se llevó a cabo un experimento para determinar el índice de crecimiento de esta planta bajo las condiciones climáticas prevalecientes en el área de influencia del DR 010, Culiacán-Humaya, Sinaloa.

Para conocer el índice de crecimiento de lirio acuático y así poder inferir el impacto de los agentes de control (neoquetinos), se construyó una estructura flotante de 10 m², dividida en 16 parcelas de 2.5 m². El diseño experimental fue completamente al azar y consideró cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Duró 87 días, a lo largo de los cuales se realizaron cuatro muestreos (días 8, 18, 31 y 87).

Los tratamientos consistieron en evaluar el crecimiento a partir de 1, 3, 6, 9 plantas de lirio acuático (Foto 3.27 y Cuadro 20)

En el Cuadro 21 se presentan los resultados del proceso de crecimiento, de acuerdo con el número de plantas de lirio y su peso inicial.

En la Gráfica 3.11 se describe el crecimiento del lirio. Las tasas de crecimiento disminuyen en la medida que aumenta el número de plantas colocadas inicialmente en las parcelas.

La población del lirio se duplica en menos tiempo cuando el número de plantas inicial es menor (Cuadro 22).

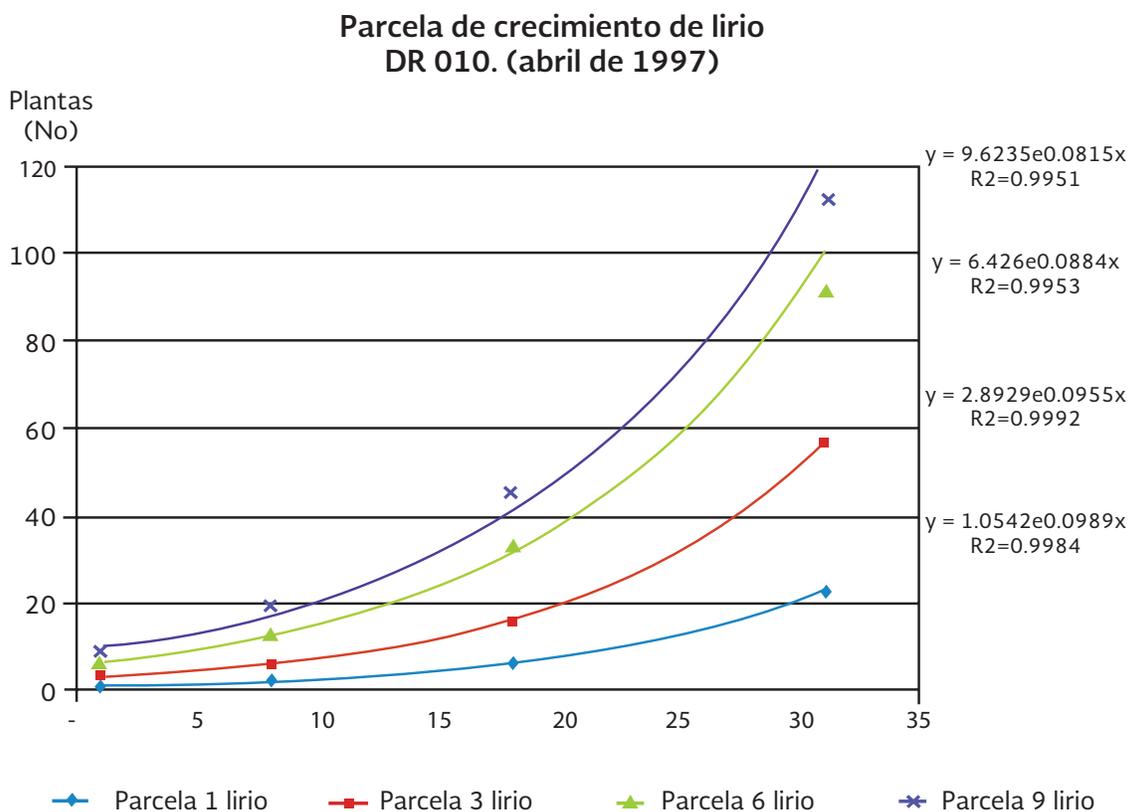
Cuadro 3.21 Incrementos del número de plantas y biomasa.

Días	Parcelas							
	Biomasa (g)				Plantas (Núm.)			
	1 Planta	3 Plantas	6 Plantas	9 Plantas	1 Planta	3 Plantas	6 Plantas	9 Plantas
1	355	1 068	2 739	4 000	1.0	3.0	6.0	9.0
8	432	1 388	3 125	4 463	2.5	6.0	13.5	19.2
18	913	2 000	5 150	7 325	6.2	15.7	34.7	45.5
31	2 413	5 600	11 575	13 950	22.2	57.2	93.0	113.2

Cuadro 3.22 Tasa de crecimiento del número de lirios.

Plantas de inicio (Núm.)	Crecimiento diario (tasa)	Duplicación de plantas (días)
1	0.064	7.0
3	0.053	7.8
6	0.048	7.3
9	0.042	8.5

Gráfica 3.11 Crecimiento del número de plantas. Parcelas.



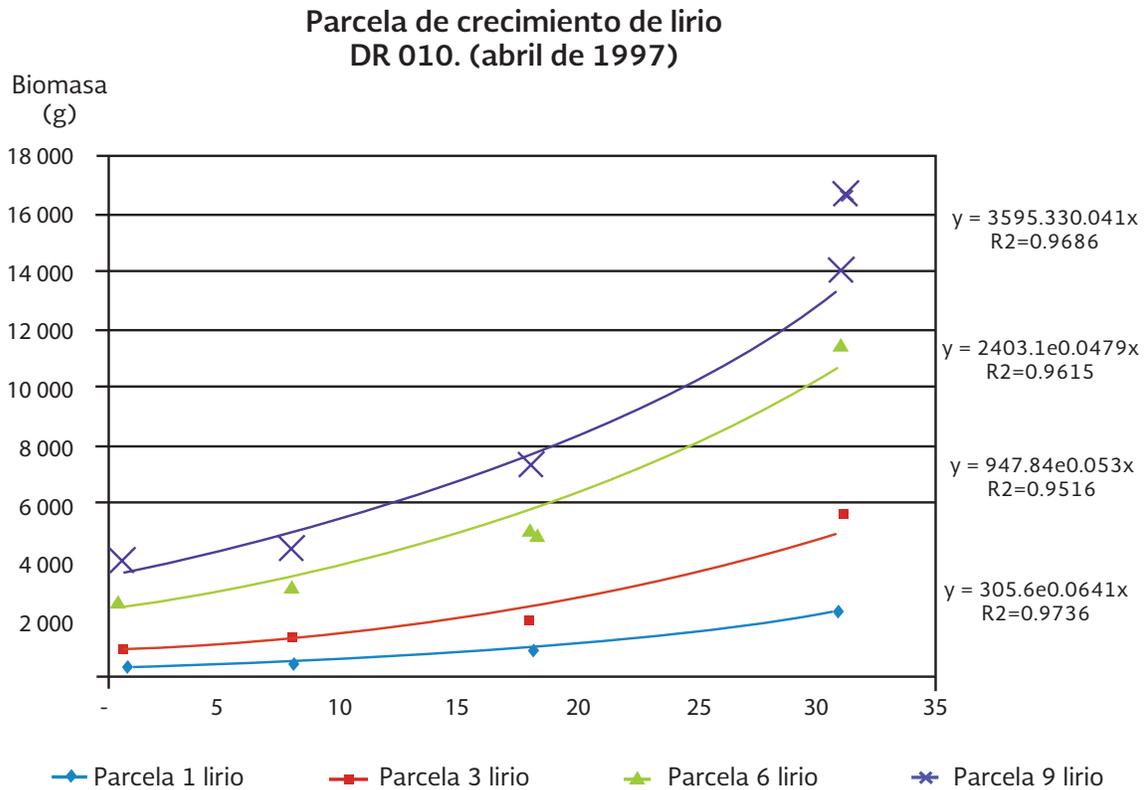
En la Gráfica 3.12 se muestran las curvas de crecimiento de la biomasa del lirio. Las tasas de crecimiento disminuyen en la medida que aumenta la biomasa inicial de cada parcela.

La biomasa se duplica en menor número de días cuando la biomasa inicial es menor. (Cuadro 23).

Cuadro 3.23 Crecimiento del número de plantas. Parcelas.

Biomasa inicial (kg)	Crecimiento diario (tasa)	Duplicación de biomasa (días)
0.355	0.066	10.81
1.068	0.054	13.08
2.739	0.049	14.47
4.000	0.043	16.54

Gráfica 3.12 Incremento de biomasa, según las plantas iniciales.



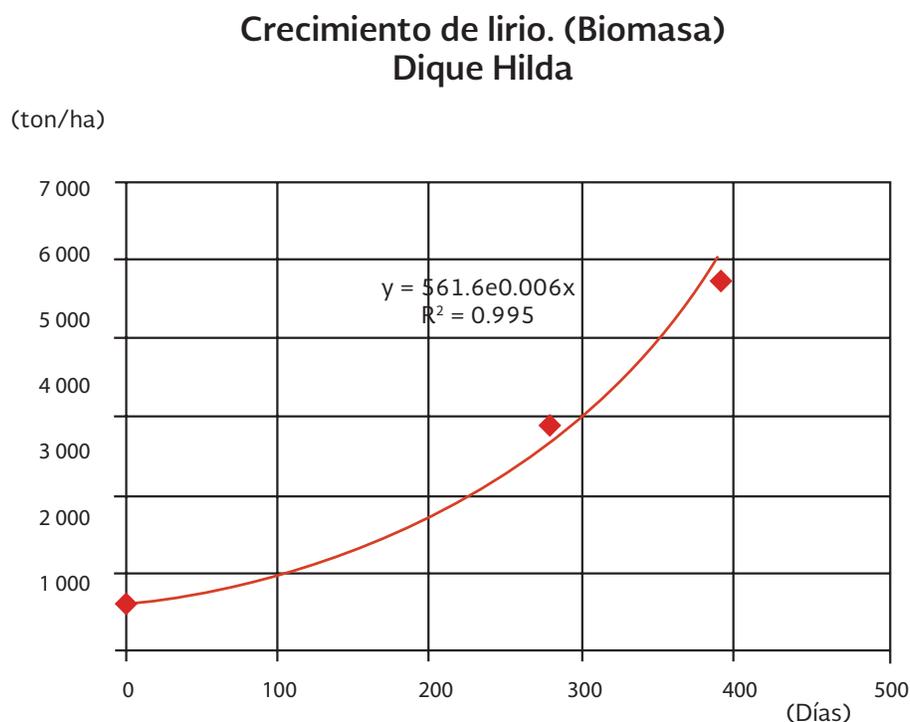
Sin duda, se requiere de numerosos estudios complementarios, pero esta información permite tener claridad sobre las tendencias del comportamiento de la población del lirio en sistemas controlados.

Para sistemas abiertos, los resultados son muy diferentes por estar expuestos a numerosas variables. Por ejemplo, en el dique Hilda del Sistema Humaya del DR 010, con una superficie de 11 ha, es donde se tienen registros del crecimiento de lirio acuático. El 24 de abril de 1994 se realizó un control químico con el

herbicida *Basta*. La aplicación redujo un 90% la infestación de lirio. Después del control químico quedó alrededor de 1.1 ha y 550 toneladas de lirio en las orillas, expuesto a las condiciones climatológicas y al cambio de nivel del agua.

Como no se le dio mantenimiento, desde entonces, la planta creció sin mayores restricciones. Fue así como el 26 de enero de 1995 la infestación alcanzó el 60% de cobertura; es decir, 6.6 ha y 3 300 t de lirio. El 17 de mayo de 1995 el lirio cubrió el 100% del dique, 11

Gráfica 3.13 Reinfestación del lirio posterior a un control químico.



ha con una biomasa de 5 500 toneladas. En todos los casos se consideró una densidad de 50 kg/m² (Gráfica 3.13).

La biomasa del lirio creció a una tasa de 0.006 l y se duplicó en cien días. Existe una enorme diferencia con los resultados de las parcelas confinadas, que se realizaron en la misma zona.

Las tasas de crecimiento experimentales, aunque no se corresponden con los sistemas abiertos como el dique Hilda, arrojan información cuantitativa y cualitativa que permite comprender las principales tendencias del crecimiento de población del lirio.

En los sistemas abiertos, con las altas tasa de crecimiento que puede llegar a tener el lirio, si no se realiza un control permanente de los cuerpos de agua, tarde o temprano vuelven a reinfestarse. El lirio vuelve aparecer por la semilla del lirio o por plantas que logran sobrevivir a los controles mecánicos, a periodos de escasez o a falta de agua en los embalses, ríos, canales o drenes.

3.4.2 Crecimiento del insecto

En la conceptualización del control biológico del lirio empleando neoquetinos, es también fundamental comprender cómo se da el pro-

ceso de crecimiento del insecto en los cuerpos de agua.

En los volúmenes 1 y 2 de este libro se presentan las experiencias e información del control biológico del lirio en numerosos cuerpos de agua de distritos de riego de los estados de Sinaloa, Sonora y Michoacán. En este caso, se muestran los resultados del dique Batamote del DR 01 Culiacán-Humaya, Sinaloa, como el ejemplo más completo y representativo, que permite entender y explicar el proceso de la dispersión y crecimiento del insecto. Este dique fue el primer embalse donde se instalaron parcelas demostrativas y se iniciaron las liberaciones abiertas a gran escala. Se convirtió en un enorme laboratorio que arrojó información valiosa para entender el proceso del crecimiento del insecto.

El incremento de la densidad de los neoquetinos, conforme a los liberados abiertamente y los registrados en las parcelas demostrativas, indican resultados muy similares. La diferencia fue que el primero requirió más tiempo para alcanzar una densidad superior a 1 neoquetinos/planta, pero se entiende porque partió de una densidad de alrededor de 0.00001 neoquetino/planta, mientras que en las parcelas demostrativas se inició de 0.36 adultos/planta (Gráfica 3.14).

Cuando el control biológico está muy avanzado, en ciertos muestreos de algunos sitios en

particular, se llega a encontrar densidades hasta de más de 10 adulto/planta. Esa densidad no se llega a generalizar, no es posible para el lirio mantener esa población de insectos y mucho menos en forma homogénea. Por lo tanto, la curva de comportamiento de la densidad de neoquetinos solo aplica o tiene validez hasta los ocho neoquetinos adultos/planta, en promedio.

Cuando se llega a esas altas densidades, por lo general, la cobertura del lirio del cuerpo de agua ya se ha reducido en más del 80%. Entonces, las densidades del neoquetino tienen un comportamiento muy fluctuante dentro de esta curva de comportamiento, en el que se llega a establecer un cierto equilibrio que mantiene al lirio bajo control sin permitirle su crecimiento explosivo.

Aquí, entra la importancia de realizar el seguimiento y supervisión en forma continua para ayudar a mantener ese equilibrio o hacer nuevas liberaciones de insectos, que aseguren el proceso de control en forma permanente.

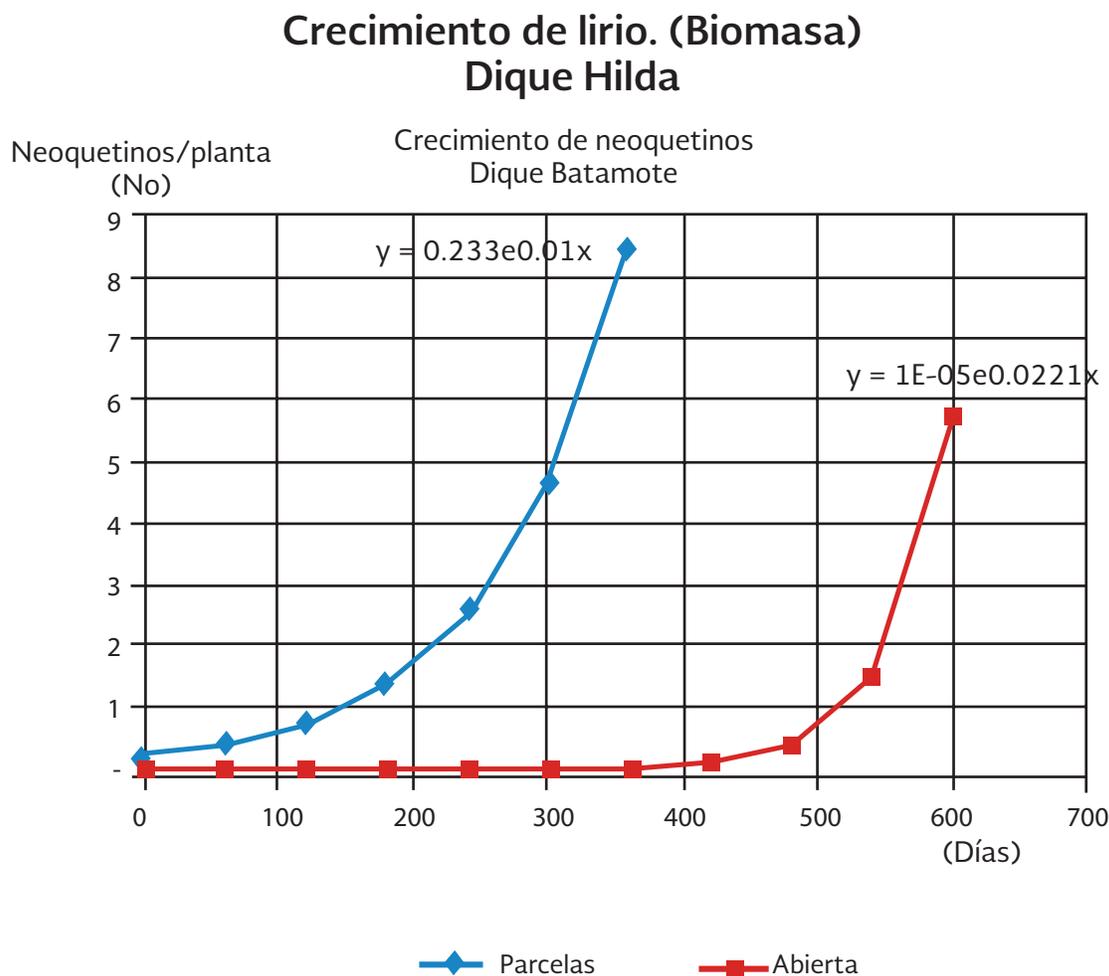
A pesar de las variaciones y peculiaridades de cada sitio e incluso de las disímiles dimensiones de los cuerpos de agua (de 10 a más de 1 000 ha), el crecimiento de los insectos y el proceso de control fue similar en la mayoría de los cuerpos de agua de los distritos atendidos en Sinaloa y Sonora. En los de Michoacán el proceso requirió menor tiempo por la exis-

tencia previa de una de las especies de neoquetinos.

En cuanto se alcanza la densidad de 0.5 neoquetinos adulto/lirio, el daño al lirio se empieza a manifestar y, a partir de entonces, se requieren de doscientos a trescientos días para alcanzar una densidad de más de 5 insectos/planta.

En esas condiciones el insecto, durante el primer año de la liberación, no afecta mayormente la cobertura del lirio. Básicamente es una estrategia de propagación y su efecto no es tan evidente sino hasta 1.5 o dos años después de la liberación. A finales del segundo año se reduce la cobertura del lirio; para el tercer año y más claramente en el cuarto, se tiene una reducción de más del 90% de la cobertura inicial.

Gráfica 3.14 Comparación del incremento de la densidad de neoquetinos.



Este proceso simplificado del crecimiento del insecto se ha observado en la mayoría de los cuerpos de agua de los distritos atendidos con este método de control biológico en Sinaloa, Sonora y Michoacán.

Conceptualizar este esquema de crecimiento y comportamiento del insecto es de fundamental importancia para la planeación y programación del control biológico del lirio acuático.

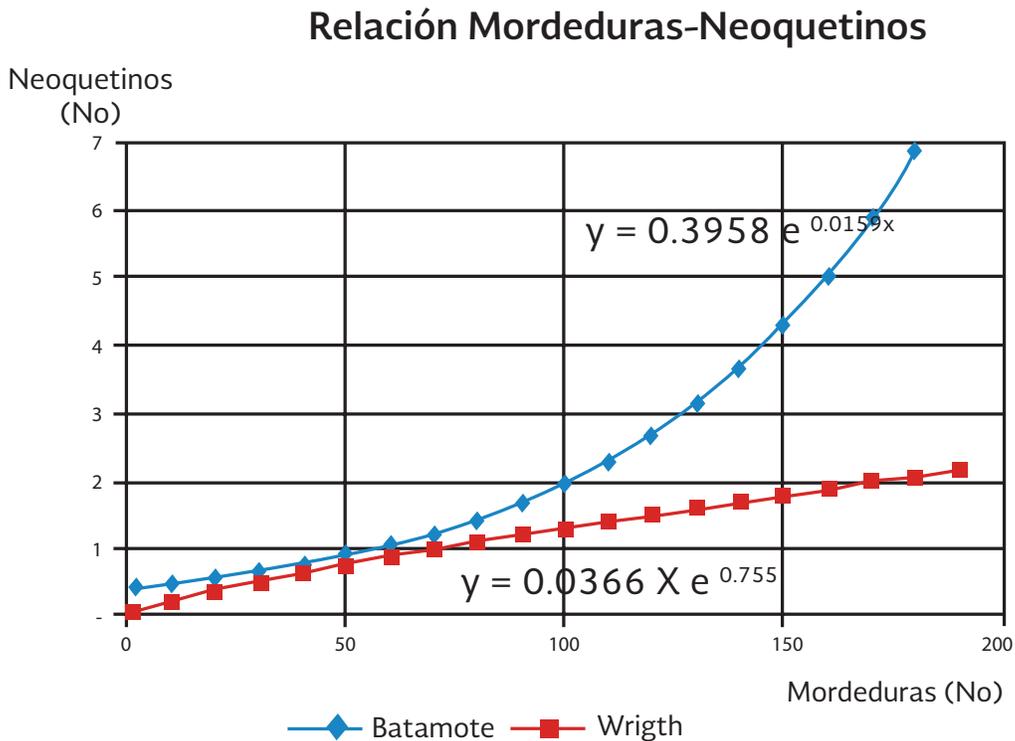
3.4.3 Correlación de insectos y las mordeduras en las hojas

Conocer la población de neoquetinos, normalmente se hace a través de la revisión direc-

ta del insecto en las plantas de lirio; sin embargo, existe la posibilidad de conocer de manera pronta la densidad de insectos aproximada empleando las huellas de las mordeduras que realiza el neoquetino adulto a la hoja del lirio acuático. Esta huella es aproximadamente de 0.3 cm². De alguna manera, la cantidad promedio que se presenta en la hoja tiene una relación con el número de insectos.

Wright A. D. y Center T. D. (1984) hicieron un reporte al respecto y determinaron una curva de comportamiento. Con la información generada de 1994 a 1997 sobre el impacto del insecto en el lirio en el dique Batamote, se estableció la relación para contrastarla con lo que

Gráfica 3.15 Curvas de la neoquetinos-mordeduras.



Cuadro 3.24 Relación mordedura-neoquetinos.

Huellas de mordeduras (Núm.)	Neoquetinos adultos (Núm.)
1	0.40
10	0.46
20	0.54
30	0.64
40	0.75
50	0.88
60	1.03
70	1.20
80	1.41
90	1.66
100	1.94
110	2.28
120	2.67
130	3.13
140	3.67
150	4.30
160	5.04
170	5.91
180	6.93
190	8.12

obtuvieron dichos autores. En la Gráfica 3.15 se presentan ambas curvas de comportamiento.

Las curvas de comportamiento son muy similares en sus primeros cien días. Posteriormente difieren sustancialmente, mientras que en el modelo de Wright a los 200 días la densidad no llega a los 3 insectos adultos/planta en el generado con los resultados del dique Batamote se revaza a los 6 neoquetinos.

En los numerosos cuerpos de agua en donde se aplicó el control biológico se observó prác-

ticamente el mismo comportamiento descrito en el dique Batamote. Aunque en algunos diques se llegó incluso a densidades extremas de 10 neoquetinos/planta es conveniente delimitar la ecuación a 8 neoquetinos/planta.

De esa manera, se presenta el Cuadro 24 para que técnicos o productores puedan disponer de una información simple que les permita determinar la densidad aproximada de neoquetinos/planta, de acuerdo con las mordeduras presentes en la hoja del lirio (Foto 3.28).

Foto 3.28



Es importante señalar que esto no es una regla y que seguramente habrá diferencias importantes si se realiza un muestreo completo de la planta buscando los insectos.

En muchas ocasiones, los muestreos no coincidirán con lo propuesto porque afectan muchos factores, como es el personal que hace el muestreo, la capacitación y experiencia del técnico, la hora del día en que se realiza el muestreo. Por ello, también es recomendable efectuar los muestreos a la misma hora del día y que de preferencia sea el mismo personal quien haga el seguimiento.

Las observaciones y la experiencia en numerosos cuerpos de agua indican que cuando se tienen más de 50 mordeduras/hoja, ya se ejerce un daño en el lirio que rápidamente va en aumento y pronto se obtiene una densidad superior a 1 neoquetino adulto/planta. A partir de entonces la densidad del insecto aumenta aceleradamente al igual que los daños y el control del lirio serán más intensos y evidentes (ver gráfica 14).

Las mordeduras son un buen indicador de la presencia del insecto y del proceso de control. No obstante, es conveniente, en la tarea de

seguimiento, continuar en forma permanente con los muestreos directos.

3.4.4 *Niphograptia albiguttalis* (Warren). Otro agente de control

En 2004 se colectó, en un dren que opera el DR 061, un nuevo agente de control para la región, consumidor más voraz de lirio acuático que los neoquetinos y muy promisorio.

Este insecto se ha extendido a diversos embalses infestados de lirio acuático, ya que en 2005 se localizó en numerosos cuerpos de agua del DR 024. Presenta todas las caracterís-

ticas del lepidóptero pirálido *Niphograptia* (= *Sameodes*) *albiguttalis* (Warren). (Foto 3.30). Es necesario estudiar su ciclo de vida y establecer las condiciones para su reproducción controlada y su validación como agente de control de lirio acuático.

En un primer momento, se deberá evaluar la palomilla *Niphograptia albiguttalis* sobre poblaciones controladas de lirio acuático y, después, en un trabajo conjunto con los neoquetinos. La literatura señala que estos organismos no compiten fuertemente por espacio ni alimento. De hecho, en los sitios donde se localizó este insecto, estaban presentes las dos especies de neoquetinos y la palomilla.

Foto 3.29 El pirálido *Niphograptia*.



Hasta ese momento no se había localizado este insecto en la infraestructura de riego de los DR 024 y 061. Realmente fue un hallazgo. Esta palomilla se localizó, en primera instancia, en la presa de Tuxpango, Veracruz, cercana a las poblaciones de Orizaba y Fortín, por colectas que realizaron investigadores del Colegio de Postgraduados y el IMTA en el mes de enero de 1996, con el objetivo de evaluar este agente de control y liberarlo junto con los neoquetinos (Foto 3.31). Para cubrir este procedimiento, sólo se colectaron larvas y pupas.

El estudio realizado de esta especie en el Colegio de Postgraduados no llegó a culminar en los distritos.

Por ello, resulta sumamente importante darle seguimiento a esta especie y valorar su impacto en el control del lirio para definir una estrategia de manejo que contemple ambas especies, si resulta conveniente. Como se podrá observar, en el documento se presentan algunas líneas de investigación que, aunque adolecen de cierto rigor científico, se presentan con el fin de entender y conceptualizar de mejor manera el proceso de control biológico del lirio realizado por los neoquetinos.

La idea, además, es mostrar la información que se ha generado para que nuevos estudios puedan profundizar y aportar mejores elementos a esta conceptualización del proceso de control biológico.

Foto 3.30 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (a)



Foto 3.31 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (b)



Foto 3.32 Colecta de la palomilla. Tuxpango, Veracruz. (c)





4 CONCLUSIONES

El primer volumen contiene las experiencias del control biológico del lirio acuático con el empleo de los neoquetinos en el DR 010 Cuiliacán-Humaya y el DR 074 Mocorito, Sinaloa, y el DR 018 Colonias Yaquis, Sonora. En este segundo volumen se presentan las experiencias del DR 024, Ciénega de Chapala y DR 061 Zamora, Michoacán, y el DR 030 Valsequillo, Puebla.

En las parcelas experimentales del DR 024 y el DR 030 se demostró que los insectos curculiónidos *Neochetina bruchi* (Hustache) y *Neochetina eichhorniae* (Warner), conocidos genéricamente como “neoquetinos”, fueron eficientes controladores de lirio acuático [*Eichhornia crassipes* Mart. (Solms)].

En forma abierta, los neoquetinos también lograron el control del lirio acuático en la presa Jaripo, en el DR 024 y en la presa Urepetiro, en el DR 061. Estos resultados demuestran que el método biológico del lirio acuático,

mediante neoquetinos, es factible y exitoso cuando se desarrolla adecuadamente.

El hecho de que el control biológico del lirio haya funcionado en Sinaloa, Sonora y Michoacán indica que prácticamente puede ser aplicado en la mayor parte de los distritos de riego del país que sufren la infestación de lirio acuático.

Es importante destacar que los neoquetinos en estos distritos tampoco afectaron cultivos ni otras plantas distintas al lirio acuático. Esto se explica porque los neoquetinos para lograr su ciclo de vida completo requieren, en su estadio de pupa, estar sumergidos en agua.

Por otra parte este método de control tampoco tiene efectos negativos para el hombre, ni el ambiente.

Hay que comprender que mediante el control biológico no se pretende eliminar o erradicar

completamente al lirio, sino mantenerlo bajo control para que no afecte el ecosistema, ni la operación, ni la conservación de la infraestructura de riego.

El control del lirio por los insectos es un proceso que tiene su propio tiempo y las experiencias han permitido dimensionar y conceptualizar. Una vez liberados, los neoquetinos adultos tardan entre 1 y 1.5 años para propagarse y de 1.5 a 3 años para materializar el control. Una vez eliminado el 90% de la cobertura de lirio en los cuerpos de agua, se pueden mantener bajo esas condiciones de control por más de diez años. De hecho, con un programa de control biológico continuo puede ser de forma permanente.

Las inversiones realizadas en este método de control resultaron rentables en todos los casos. Además, los beneficios y rentabilidad se incrementaron sustancialmente conforme transcurrieron los años; en particular, en aquellos sitios donde el lirio se mantuvo o se mantiene bajo control.

Esta metodología y estrategia de control del lirio desarrollada en estos distritos de riego es factible de aplicarse en la mayoría de los cuerpos de agua del país, en forma rentable y amigable con el medio.

Por las condiciones particulares de la presa Valsequillo, no obstante los resultados exitosos de control del lirio con neoquetinos adultos



en las parcelas experimentales establecidas, es necesario investigar suficientemente para determinar si el insecto se desarrolla adecuadamente en sus estadios de larva y pupa a lo largo del año para, de esta manera, determinar la factibilidad de aplicar este método de control biológico del lirio en forma abierta en la presa.

Actualmente en México, en los distritos de riego en particular, prevalecen los controles tradicionales, en especial el mecánico, a pesar de que mediante este programa de control biológico del lirio acuático en los distritos de riego se ha probado exitosamente la metodología del control biológico.

De los distritos atendidos con el programa durante la década de 1990, solamente el DR 018 Colonias Yaquis, Sonora, y la mayor parte

de los cuerpos de agua de los DR 074 Mocorito y DR 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa, se mantiene aún el control biológico del lirio en sus diques mediante el uso de neoquetinos

En 2014 se firmó un convenio de colaboración en el DR 010 Culiacán-Humaya, entre la Sociedad de Responsabilidad Limitada y el IMTA, donde se retoman las experiencias de este programa de control biológico presentadas en el libro. La idea es consolidar el control biológico del lirio acuático en el Sistema Humaya de dicho distrito.

El equipo técnico que ha desarrollado este programa de control biológico mantiene el espíritu de querer resolver el problema de lirio acuático en los cuerpos de agua del país, en particular, de los distritos de riego.





5

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*. Memorándum Técnico. No.361. México (MX), SARH. De la Loma O. José L. (traduc.). 39 pp.
- Bastidas Ramírez, Virginia, et. al. (1980). *Investigación sobre aprovechamiento de malezas acuáticas en la reestructuración 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 Cornwall 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 nabruchi, N. eichhorniae, Ctenopharyngodonidella y diversos hongos), sobre lirio acuático (Eichhorniacrassipes), cola de mapache (Ceratophyllum demersum), cola de caballo (Potamogeton pectinatus), zurrapa (Najas guadalupensis), y tule (Typhadominensis)". 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- ASOMECLIMA 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.
- Calderon B. Javier (1988) La problemática del lirio acuático In: IV Congreso de Irrigación. Reynosa Tamaulipas, noviembre 6-9, 1988.
- Camarena, O y Aguilar, J. A. (2012). El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (experiencias desde 1990) / Ovidio Camarena Medrano y José Ángel Aguilar Zepeda. Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2012. 78 p. (libro digital)
- _____ (2013). *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. (libro digital)
- 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 albiguttalis* (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,uf1.edu/txt/fairs/2125](http://hammock.ifas,uf1.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 8opp.
- _____ (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. Subsecretaria 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, Washington D.C. 27 pp y anexos.
- 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.
- Jayanth, K.P. (1987). "Comparative studies on the Fecundity and Longevity of *Neochetina eichhorniae* and *N. Bruchi*, Potential Biocontrol Agents of Water Hyacinth". *J. Biol Control* 1(2). 129-132, 1987. Contribution of the Indian Institute of Horticultural Res.
- Jayanth, K. P. (1988). "Supression of waterhyacinth by the exotic insect *Neochetina eichhorniae* in Bangalore, India". *Curr. Sci.* 56:494-495. Bangalore, India.
- Khatab, 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, yeld 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.; J.C 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 plans*. 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. SARH. Comisión Nacional del Agua (1990). *Control de eutroficación y malezas acuáticas*. México (MX). SARH. 169 pp.
- _____ (1991). *Información básica del Distrito de Riego No. 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo*. Gerencia Estatal en Sinaloa. Culiacán, Sin. 90 pp.
- _____ (1992). *Informe Técnico. Descripción física del Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo*, Culiacán, Sin.
- _____ (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.
- _____ (1998). *Información básica del Distrito de Riego No. 018 Colonias Yaquis, Son*. Gerencia Regional Noroeste, Ciudad Obregón, Son. 15 pp.
- _____ (2013). *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2011-2012*. México. SARH. CNA. Distrito de Riego 014 (1992). *Programa del combate de hydrilla en el Valle de Mexicali*.
- México. SARH. Departamento de Control y Aprovechamiento de Malezas Acuáticas (1981). *Inventario nacional de malezas acuáticas y su distribución*.
- México. SARH. Dirección General de Sanidad Vegetal. CICOPLAFES (1994). *Plaguicidas autorizados*.
- 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. 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.
- _____ (1988). *Informe final del proyecto control de eutroficación y malezas acuáticas*. México (MX), SARH, 1988. 86 pp.
- _____ (1989). *Control y aprovechamiento de lirio acuático en México*. México (MX), SARH. 150 pp.
- México. SARH. Subsecretaría de Agricultura y Operación (1977). *Aspectos ecológicos del combate de las plantas acuáticas*. Memorándum Técnico No. 361. México (MX). SARH. 39 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 (1955). *Conservación de la capacidad de conducción de los canales de riego*. Memorándum Técnico No. 107. México (MX). SRH. 8 pp.
- _____ (1975). *Conservación de los Recursos Naturales*. Memorándum Técnico No. 339. México (MX). SRH. 25 pp.
- _____ (s.f.). *Sistema de Riego conservación*. Memorándum Técnico No. 355. México (MX). SRH. 8pp.
- 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. Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976). *Atlas del agua de la República Mexicana*. SRH. México, D. F. 253 pp.
- 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.
- _____ (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/vol_29/v_29_p_45.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 Ortiz, 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 *Eichhorniae crassipes*: aspectos principales, problemas y recomendaciones*. México (MX), SARH. 35 pp.
- Sandoval, J. (1988). “Mejorador de suelos y abonos campo experimental El Encino.” En: México. SARH. IMTA. *Seminario-Taller Control y aprovechamiento del lirio acuático*. Mor, México 18-20 enero.
- 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.*
- _____ (1987) *Proceedings 21th. Annual Meeting, Aquatic Plants Control Research Program 17-november-1986 Mobile, Alabama. Envi-*

- romental Laboratory US Army Engineer Waterways experiment station Mississippi. USA. pp 256.
- US. Comission 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.
- _____ (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.
- Wright, A. D. and T. D. Center. (1984) . Predicting population intensity of adult *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) from incidence of feeding on leaves of waterhyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Environmental Entomology* 13:1478-1482.



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

