



I CONGRESO NACIONAL COMEII 2015

Reunión anual de riego y drenaje

Jiutepec, Morelos, México, 23 y 24 de noviembre

SEGUIMIENTO DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LIRIO ACUÁTICO E INICIO DE LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA A LOS USUARIOS DE LA SRL DEL SISTEMA HUMAYA, SINALOA, MÉXICO

José Ángel Aguilar Zepeda¹, Ovidio Camarena Medrano¹, Ramiro Vega Nevárez¹, Germán Bojórquez Bojórquez², José Trinidad Contreras Morales³, Alberto González Sánchez¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Morelos. C. P. 62550.

²Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Km 17.5, Carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa.

³Banco de Agua de los Distritos 010 y 074, A. C. Federalismo y Blvd. Culiacán S/N, Col. Recursos Hidráulicos, Culiacán, Sinaloa.

Resumen

En 1994 se liberaron por primera vez 22,137 insectos de dos especies de insectos (*Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*), conocidos como neoquetinos, en los Distritos de Riego (DR) 010 y 074 en Culiacán, Sinaloa. Tres años y medio después, estos agentes biológicos controlaron más de 3000 ha de lirio acuático durante casi 20 años. La falta de revisiones sucesivas provocó el repunte del lirio en algunos embalses del Sistema Humaya del DR 010. En 2014, el IMTA comunicó a la CONAGUA la baja densidad de estos insectos por planta en los diques Mariquita y Arroyo Prieto, así como el desconocimiento del proceso de control de los usuarios y técnicos locales. Lo anterior motivó que la CONAGUA transfiriera fondos económicos a la Sociedad que tiene bajo su responsabilidad la operación y el mantenimiento del Sistema, para instrumentar acciones orientadas al combate de lirio acuático mediante métodos biológicos. Durante el año 2014 se liberaron 262 mil insectos de las dos especies de neoquetinos en los diques Arroyo Prieto y Mariquita, lo que elevó la densidad de insectos por planta de 1.4 a 5.0, en el Arroyo Prieto, y de 1.9 a 3.2, en el Mariquita, y se observó una incipiente reducción de lirio acuático. En este proceso 36 técnicos fueron capacitados, quienes constituyen la base para transferirles la tecnología de seguimiento y control del lirio acuático. También se dirigió la elaboración de un programa audiovisual que registró acciones de control, capacitación y testimonios de usuarios de riego y funcionarios.

Palabras clave: Agente de control, Distritos de Riego, neoquetinos, diques.



Introducción

El área de atención de la Sociedad de Responsabilidad Limitada del Sistema Humaya (SRL) se localiza dentro de la zona que opera y administra los DR 010, Culiacán-Humaya, y 074, Mocerito. La que corresponde al primer distrito de riego abarcan una superficie actual de riego de 106312 ha, distribuidas entre 10626 productores: 7800 ejidatarios y 2826 pequeños propietarios; la que corresponde al segundo DR, abarca una superficie física de riego de 44310 ha, que se distribuyen entre 5647 usuarios. El Cuadro 1 muestra los ocho módulos que riegan por el Canal Principal Humaya y que administra la SRL.

Cuadro 1. Unidades, módulos, número de usuarios y superficie que ampara la SRL del Humaya.

Unidad	Módulo	Usuarios (No.)	Superficie (ha)
IV	IV-1 Culiacancito	1667	15936.38
	IV-2 Tamarindo	1349	12775.36
	IV-3 Usuarios de los Canales 48+ 840 y 53+500 del Canal Principal Humaya	802	9583.41
	IV-4 Montelargo	1547	15670.98
V	V-1 Zona Sur del Valle de Angostura	2409	23526.61
	V-2 Zona Norte del Valle de Angostura	2852	28503.90
74	74-1 AUPA Évora	5647	26829.00
	74-2 AUPA Eustaquio Buelna		19668.00
Totales		16273	15493.64

Clima

Por la gran extensión que abarcan los DR 010 y 074, el clima no es uniforme. De acuerdo con el sistema de Thornthwaite, modificado por Enriqueta García, los climas predominantes se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Climas predominantes en los DR 010 y 074, Culiacán-Humaya, Sinaloa.

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



Los distritos están localizados en la trayectoria de los ciclones que se originan en el Océano Pacífico; por lo que ocasionalmente, entre los meses de agosto, septiembre y octubre, sufren las consecuencias de estas perturbaciones.

La falta de un seguimiento preciso y sistemático en los embalses controlados provocó un repunte del lirio acuático, en algunos casos de gravedad, en algunos diques. Sin llegar, desde luego, a la severidad de infestación que se presentaba en el pasado.

La principal fuente de lirio acuático sigue siendo la Presa Adolfo López Mateos (Varejonal) donde las corrientes tributarias arrastran, aguas abajo, gran cantidad de plantas, que suelen invadir severamente el vaso. Además, existe un importante banco de semillas (cuya viabilidad es superior a los 15 años) en las orillas de la presa. La germinación se estimula cada vez que bajan o suben los niveles de la presa. Este lirio logra invadir paulatinamente los diques aguas abajo donde se tienen situaciones favorables para su proliferación (poco movimiento del agua).

Por lo anterior, se consideró en 2014 el establecimiento de una verdadera cruzada para el combate y control de esta maleza; de otra manera se podrían haber presentado escenarios como los que se observaron antes de 1997.

La experiencia indicó que el método biológico sería el más adecuado para enfrentar el crecimiento del lirio acuático, dado que los usuarios de los Módulos de Riego, habitantes de las inmediaciones y personal técnico del DR 010, conocen de sus bondades desde hace varios años.

En diciembre de 2013, durante la realización del estudio batimétrico del Canal Principal Humaya, se tomaron registros fotográficos y se revisaron algunas plantas de lirio acuático de algunos diques del Sistema para corroborar el escenario que se tenía en aquel momento. Los diques que se recorrieron de manera exhaustiva fueron los siguientes: Uno, Dos, Aeropuerto, Palos Amarillos, Acatita y Cacachila; los que se observaron superficialmente fueron los diques Batamote, Arroyo, Prieto, Agua Fría, Hilda y Mariquita, además de la presa Sanalona del Sistema Culiacán.

Los embalses que representaban un problema serio de infestación de lirio acuático, y que requerían atención inmediata eran, además de la presa Adolfo López Mateos, los diques Arroyo Prieto, y Mariquita. Asimismo, la revisión de algunas plantas de lirio de diversos embalses pudo revelar que, independientemente de que los peciolos de la planta mostraban huellas de mordedura de los insectos, la densidad de estos agentes de control era baja; aproximadamente un insecto por cada planta. De la Figura 1 a la 11 muestran los diques recorridos en diciembre de 2013. Todos pertenecen al Canal Principal Humaya.



Figura 1. Dique 1.



Figura 2. Dique 2.



Figura 3. Dique Aeropuerto.



Figura 4. Dique Palos Amarillos.



Figura 5. Dique Acatita.



Figura 6. Dique Cacachila.



Figura 7. Dique Batamote.



Figura 8. Dique Arroyo Prieto.



Figura 9. Dique Agua Fría.



Figura 10. Dique Hilda.



Figura 11. Dique Mariquita.

Las revisiones al lirio acuático a fines de 2013 y principios de 2014 indicaron densidades de 1.0 y 1.5 insectos por planta, lo que es insuficiente para alcanzar un control, además de la ausencia de estrategias operativas para el manejo y evaluación del binomio lirio acuático-agente de control biológico por falta de capacitación. Por lo anterior durante 2014, con el apoyo de la Conagua, el IMTA y la SRL del Humaya firmaron un Convenio de Colaboración para desarrollar el proyecto *“Control integral de maleza acuática en la infraestructura hidroagrícola de los embalses que integran el Sistema Humaya, del Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya, Sinaloa”*, cuyo objetivo fue Incrementar la densidad de agentes de control biológico en el Sistema Humaya del Distrito de Riego (DR) 010, Culiacán Humaya, Sinaloa, y establecer las bases para transferir a los usuarios la tecnología de control biológico de lirio acuático en infraestructura hidroagrícola.



Por lo anterior el objetivo del presente trabajo es incrementar la densidad de agentes de control biológico en el Sistema Humaya del DR 010, Culiacán Humaya, Sinaloa, y establecer las bases para transferir a los usuarios la tecnología de control biológico de lirio acuático en infraestructura hidroagrícola.

Metodología

La metodología desarrollada se resume en los siguientes puntos:

1. Recopilación y análisis de la información histórica (acciones realizadas por la Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA desde 1993 hasta 2000), y revisión de los datos e información reciente con personal de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y del DR 010 en Culiacán, Sin. Además, se investigó el estado del arte en materia de control biológico de maleza acuática, con énfasis en lirio acuático.
2. Coordinación y concreción de ocho reuniones de planeación con personal técnico y directivo de la Sociedad de Responsabilidad Limitada del Humaya (SRL), del DR 010, y de la UAS.
3. Integración de un equipo de trabajo con personal técnico local para el seguimiento del proyecto. Lo conformaron miembros de la SRL, particularmente los que atienden el tramo de canal donde se desarrollaron las acciones.
4. Recorridos de reconocimiento en campo por las derivadoras, Chinitos, Cerro Bola y Gato de Lara; y por los diques Batamote, Arroyo Prieto, Agua Fría, Hilda, Mariquita, Palos Amarillos Acatita, Cacachila-Tesitos, pertenecientes al Sistema Humaya, del DR 010.
5. Selección de los sitios más adecuados para la colecta de las dos especies de neoquetinos (*Neochetina bruchi* Hustache y *N. eichhorniae* Warner) Existen en el área de influencia del proyecto zonas donde el lirio está la mayor parte del año fijo o con poco movimiento. En estos espacios se consiguieron gran cantidad de agentes de control silvestres. Se empacaron y movilizaron posteriormente para su liberación.
6. Liberación de 262 mil insectos de las especies *Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*, en diferentes fechas, después de conocer el panorama general de los embalses recorridos, la densidad de insectos, y las características del lirio acuático. Dado que los únicos embalses con problemas severos de infestación fueron los diques Arroyo Prieto y Mariquita, las liberaciones se efectuaron en estos embalses.



7. Definición de los parámetros para el seguimiento periódico de la expansión de los neoquetinos y del deterioro que provocan sobre su hospedera. Estas acciones se llevaron a cabo periódicamente y permitieron conocer el avance del control.
8. Registro de cada acción realizada mediante fotografías y video con fines de capacitación e información. Con este material se integró un disco compacto que rescató la experiencia y mostró las acciones emprendidas.
9. Impartición de un curso de capacitación teórico-práctico a técnicos de la SRL del Humaya, de la Conagua y de la UAS, con fines de transferencia tecnológica en los siguientes dos años.
10. Investigación preliminar para determinar las proporciones de las especies *Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi*, así como la proporción de hembras y machos de cada especie.

Resultados

Impacto de la liberación de agentes de control

La liberación de 262 mil insectos de las dos especies de neoquetinos (*Neochetina bruchi* y *N. eichhorniae*) permitió que la densidad de insectos por cada planta de lirio acuático se incrementara, lo cual constituye uno de los objetivos del Convenio de Colaboración IMTA-SRL del Humaya. Los insectos liberados están adaptándose a las nuevas condiciones prevalecientes. A lo largo del proyecto se realizaron 42 evaluaciones, particularmente en los diques Batamote (3); Arroyo Prieto (17); y Mariquita (22).

Los insectos liberados permitieron aumentos en la densidad de insectos/planta, a partir de la fecha de evaluación inicial (19 de marzo de 2014), particularmente en los adultos del dique Arroyo Prieto. En el dique Mariquita se observaron incrementos discretos. La densidad de insectos por planta se elevó de 1.4 a 5.0, en el Arroyo Prieto (Figura 12), y de 1.9 a 3.2, en el Mariquita (Figura 13).



Figura 12. Evolución de la densidad de neoquitonos en el Dique Arroyo Prieto

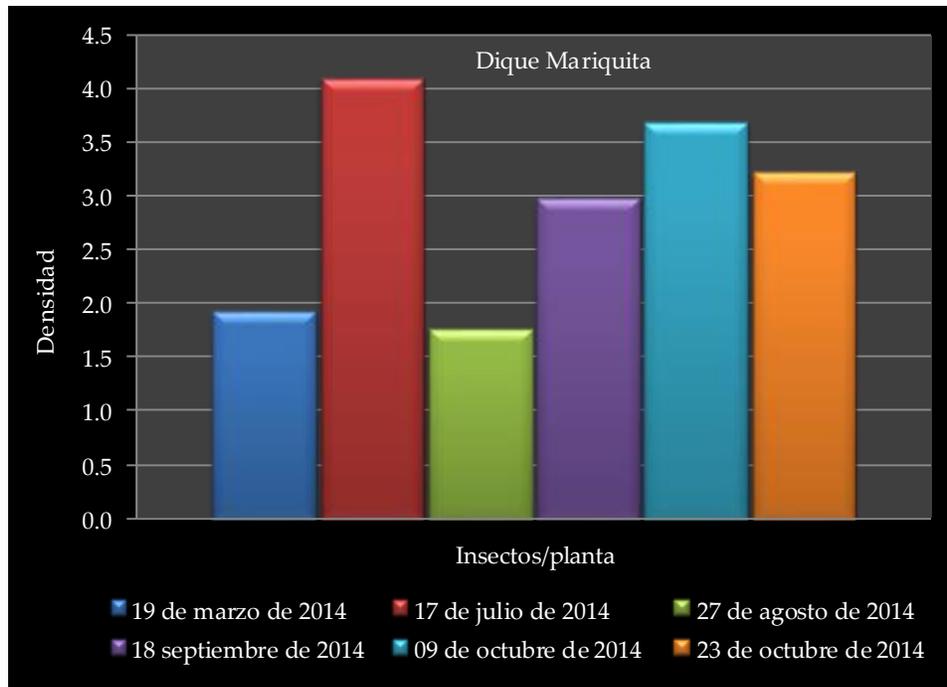


Figura 13. Evolución de la densidad de neoquitonos en el Dique Mariquita.

Las Figuras 14, 15, 16 y 17 ilustran la fase de control y sus oscilaciones en el dique Arroyo Prieto.



Figura 14. Octubre 23 de 2014.



Figura 15. Noviembre 06 de 2014.



Figura 16. Noviembre 25 de 2014.



Figura 17. Diciembre 15 de 2014.

Curso de capacitación

El proyecto consideró como aspecto importante la realización de un curso de capacitación dirigido principalmente a técnicos y funcionarios de la SRL del Humaya (SRL), a especialistas del DR 010 en Culiacán, Sin., y a estudiantes de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), dado que durante el presente año se colocaron las primeras bases para que la metodología del control biológico de lirio acuático en el Sistema Humaya la realicen, particularmente, técnicos y usuarios de la SRL. El curso se denominó *“Control biológico de maleza acuática en infraestructura de riego”*, y abarcó una parte teórica en aula y una práctica en campo; fue promocionado mediante un tríptico, el cual se distribuyó en varios sitios, como las oficinas del DR 010 en Culiacán, Sin., la UAS y la SRL.

Se elaboró previamente material didáctico con los temas tratados; fue entregado como libro de texto a los 36 capacitandos. Las Figura 18 describen escenas de la capacitación

teórica. Las Figura 19 ilustran la práctica. La Figura 20 muestra las portadas del material didáctico entregado a los capacitandos, y la que utilizó el capacitador como referencia.



Figura 18. Capacitación teórica.



Figura 19. Capacitación práctica.

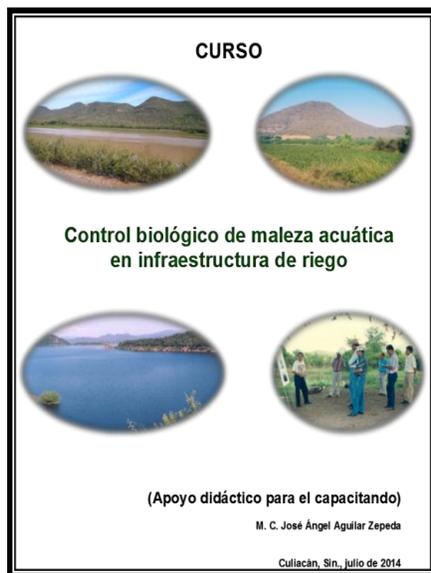


Figura 20. Texto entregado a los capacitandos para el curso, y texto de apoyo para el instructor.

Adicionalmente se diseñó y entregó un examen con 32 preguntas de opción múltiple a los capacitandos para resolverlo en casa con la ayuda del texto entregado.

Video de información y capacitación

Como parte de los resultados ofrecidos por el IMTA a la SRL del Humaya, se consideró la generación de un programa audiovisual que permitiera mostrar a los usuarios, técnicos y funcionarios la experiencia generada durante el proyecto. En congruencia con este punto, un especialista del área de Comunicación del IMTA, acompañó al personal de campo y grabó los aspectos más relevantes y coyunturales del proyecto.

En este sentido se registraron cuatro tipos de acciones: 1.- La colecta, empaque y liberación de agentes de control; 2.- Los muestreos realizados periódicamente para conocer la evolución de la población de insectos liberada, así como el daño que está provocando sobre su hospedera (lirio acuático); 3.- Los testimonios que actores fundamentales que tienen que ver o han tenido que ver con la problemática del lirio acuático y; 4.- El curso de capacitación. Previo al registro de todas las acciones detalladas antes, se elaboró un libreto que es el hilo conductor del video y contiene lo que el narrador tiene que mencionar, mientras se muestran las imágenes. La Figura 21 muestra la captura, empaque y liberación de agentes de control.



Figura 21. Registros audiovisuales sobre la captura, empaque y liberación de agentes de control.

Se realizaron entrevistas acerca de la opinión que se tiene sobre el control biológico de lirio acuático, donde participaron usuarios y funcionarios de la SRL y de la Conagua (Figura 22).



Figura 22. Testimonios de personas que están relacionadas o estuvieron relacionadas con el control del lirio acuático.

Finalmente la Figura 23 ilustra el curso de capacitación, que incluye tanto la fase teórica como la de campo.



Figura 23. Registros de las partes teórica y práctica del curso de capacitación.

Investigación sobre la proporción de especies y sexo de los neoquetinos

Uno de los aspectos más importantes que tiene que ver con la liberación de insectos es determinar periódicamente cómo se han desarrollado y reproducido. Procedentes de Florida, EEUU, desde 1994 se liberaron las dos especies de neoquetinos en proporciones adecuadas entre hembras y machos. Se considera muy importante que esta actividad se realice cada año para tener un panorama real de cómo crecen las poblaciones de ambas especies. Por considerarse los más representativos y por ser los embalses evaluados periódicamente, se seleccionaron para el muestreo los diques Arroyo Prieto y Mariquita. Con base en los recorridos efectuados, se determinaron ocho sitios o estaciones de muestreo para realizar la evaluación, considerando la extensión de cada embalse. Así, en el dique Arroyo Prieto se determinaron tres sitios de muestreo y en el Mariquita ocho. En cada estación de muestreo se colectaron 100 organismos, para llegar a un total óptimo de 800 insectos evaluados.

La tarea consistió en determinar la especie y el sexo de cada uno de los neoquetinos muestreados mediante el uso de lentes de aumento. Los organismos colectados se introdujeron en recipientes plásticos, a razón de cien por cada uno y se mantuvieron en un ambiente fresco. Al momento de recorrer el número total de sitios y obtener la cantidad establecida de insectos, se trasladaron a la orilla para identificarlos. La información se asentó en hojas diseñadas para tal efecto.

En la Figura 24 se muestran los trabajos de campo para la determinación del sexo y la identificación de la especie de los neoquetinos.



Figura 24. Trabajo de campo para determinar el sexo e identificar la especie de los neoquetinos.

En el dique Arroyo Prieto el mayor porcentaje de insectos lo constituye la especie *Neochetina eichhorniae* con el 73.1% contra el 26.9% de *N. bruchi*. En el dique Mariquita sucedió algo muy parecido al resultado anterior, dado que la especie *N. eichhorniae* está representada con el 73.9%, mientras que la *N. bruchi* sólo alcanzó el 26.1%.

Con respecto a la distribución de sexos en el dique Arroyo Prieto, de 73.1% total obtenido de la especie *N. eichhorniae*, 46.1% fueron hembras, mientras que el 26.9% fueron machos. Esta proporción casi representa 2 hembras por cada macho, lo cual es satisfactorio pero no óptimo, dado que de manera ideal se deben tener por lo menos tres hembras por cada macho.

En este mismo dique la proporción de sexos de la especie *N. bruchi* no es adecuada, dado que del 26.9% total obtenido de esta especie, sólo el 12.1% son hembras y el restante 14.8% son machos; prácticamente existe una hembra por cada macho.

En el dique Mariquita se tiene una situación similar en cuanto a las proporciones sexuales de la especie *N. eichhorniae*. Su distribución en este embalse fue de 73.9%; de este porcentaje 51.5% correspondió a hembras y 22.4% a machos, lo cual mejora la distribución sexual que se tenía en el dique Arroyo Prieto, dado que existen más de dos hembras por cada macho. En este mismo dique la proporción de sexos de la especie *N. bruchi*, al igual que la especie *N. eichhorniae* está bien representada, dado que del total obtenido de esta especie (26.1%), 18.9% fueron hembras y 7.2% fueron machos, lo que establece también más de dos hembras por cada macho. Los resultados anteriores se muestran en las Figuras 25 para el dique Arroyo Prieto, y 26 para el dique Mariquita.

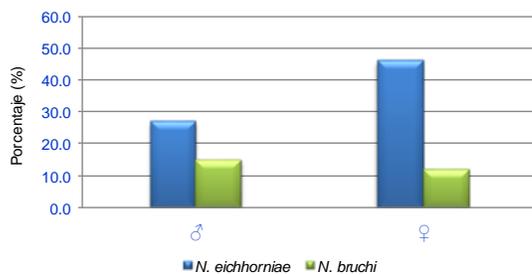


Figura 25. Proporción de especies y sexos de neoquetinos en el dique Arroyo Prieto.

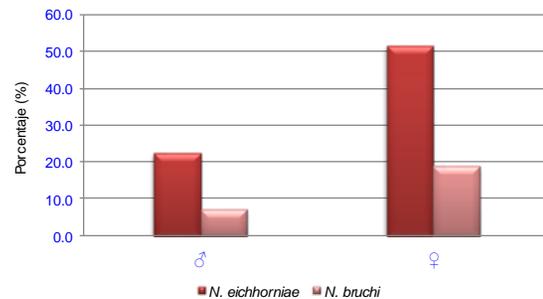


Figura 26. Proporción de especies y sexos de neoquetinos en el dique Mariquita.

Conclusiones

Las liberaciones permitieron un incremento sustancial de insectos por cada huésped. La tendencia indica que se mantendrán densidades entre 3 y 5 insectos adultos por cada planta.

El incremento de la densidad de insectos/planta, así como la reducción de lirio acuático se observa mejor en el dique Arroyo Prieto debido a que en este embalse el lirio permanece con muy poco movimiento. En el dique Mariquita, el más grande del Sistema Humaya con



450 ha, el lirio se mueve mucho, por lo que limita el establecimiento y el incremento de los insectos.

El curso de capacitación permitió incorporar conocimientos de la dinámica del control biológico y de su seguimiento a los usuarios, quienes están en un proceso firme para que se les transfiera la tecnología.

El 2016 habrá condiciones para iniciar la transferencia de la tecnología para el seguimiento y control de lirio acuático a los técnicos de la SRL del Sistema Humaya en Culiacán, Sin., y se podrá observar una reducción sustancial de lirio acuático en los dos embalses que tienen actualmente esta problemática: el Arroyo Prieto y el Mariquita.

No existe una buena proporción entre las dos especies de nequetinos, ni de sexos entre cada una. Es necesario estimular el crecimiento de *N. bruchi*, e investigar técnicas para favorecer el desarrollo de hembras.

Bibliografía

- Aguilar, Z. J.A. 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: Control de Maleza Acuática en Canales y Drenes en los Distritos de Riego. 34 p.
- Aguilar, Z. J. A.; Camarena, M. O.; Center, Ted. 2003. Biological control of waterhyacinth in Sinaloa, México with the weevils *Neochetina eichhorniae* and *N. bruchi*. Biocontrol 48: 595-608. Kluger Academic Publishers. Netherlands.
- Bojórquez, B.G.; Aguilar, Z.J.A.; Camarena, M.O.; et al. "Estudio, descripción y documentación del impacto provocado por los agentes de control biológico (*Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae*, *Ctenopharyngodon idella* y diversos hongos), sobre lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), cola de mapache (*Ceratophyllum demersum*), cola de caballo (*Potamogeton pectinatus*), zurrapa (*Najas guadalupensis*), y tule (*Typha domingensis*)". Informe Final del Anexo Once celebrado entre el IMTA y la UAS. Enero del 2000. Culiacán, Sinaloa. 90 p.
- Center, T. D.; Cofrancesco, A.F. and Balciunas, J.K. 1989. Biological control of aquatic and wetland weeds in the southeastern United States. Proc. VII Int. Sym Biol. Contr. Weeds, 6-11. March, 1989. Rome, Italy. Delfosse, E.S. (ed) Ist. Sper. Patol. Veg. (MAF). pp 239-262 (1989).
- Comisión Nacional del Agua. 1992. Informe Técnico. Descripción física del Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Culiacán, Sin.
- Gopal, B. 1987. Waterhyacinth. Elsevier. Amsterdam.
- Irving, N.S. 1981. ODA/Sudan government waterhyacinth biological control programme. January 1979-March 1981. Final Report.
- Labrada, R.; J.C. Caseley and Parker, C. 1994. Weed management for developing countries. FAO. Plant production and protection. Paper 120. Rome. Italy.
- Wright, A.D. 1984. Effect of biological control agents on waterhyacinth in Australia. Proceedings of the international conference on waterhyacinth. Thyagarajan, G. (ed). Hyderabad, India. February, 7-11, 1983.