

## Control de Maleza en Distritos de Riego con Equipos Ligeros

Weed Control in Irrigation Districts with Light Weight Equipment

José Ramón Lomelí Villanueva<sup>1</sup> y Nazario Álvarez González<sup>2</sup>

**Resumen.** En México el control mecánico de maleza, tradicionalmente se realizaba con maquinaria inadecuada lo cual provocaba daños en los taludes y modificaciones de la sección hidráulica. Para resolver este problema, actualmente se utilizan los equipos ligeros que permiten el desarrollo de una cubierta vegetal, que no interfiere con el flujo del agua y su sistema radical retiene el suelo, lo cual reduce la erosión y mantiene en condiciones estables los taludes. El presente trabajo aborda los aspectos relativos a características y criterios para la selección de los implementos y la secuencia para su utilización. El costo de las operaciones para el control de maleza en canales, drenes y caminos se ha reducido un 39,21% con respecto a utilizar maquinaria inadecuada. La versatilidad de los equipos ligeros permite emplear el implemento más adecuado para cada tipo de maleza. En México, el inventario actual es de 263 equipos ligeros que tienen un potencial de aplicación para el control de la maleza, en la totalidad de los caminos, el 90% de canales y el 70% de drenes de los Distritos de Riego.

**Palabras clave:** Maquinaria para conservación, conservación de canales, drenes, malas hierbas.

**Abstract.** In Mexico, the mechanical weed control was traditionally carried out with inadequate equipment which caused damage to the slopes and changes in the hydraulic section. In order to solve this problem, light weight equipment is currently being used to allow the development of a vegetation cover to retain soil with no interference with water flow, reducing erosion and maintaining stable conditions in the slopes. This paper addresses aspects related to characteristics and criteria for selecting and sequencing tools for use. The costs of weed control in irrigation channels, drains and roads have been reduced 39.21% compared to using inadequate equipment. The versatility of light weight equipment allows the use of the most appropriate implement for each weed. In Mexico, the current inventory includes 263 light weight devices with which a potential weed control of 90% can be obtained in channels and 70% in drains of the Irrigation Districts.

**Key words:** Maintenance machinery, irrigation channels and drains maintenance, thicket, weed.

La producción y la productividad de los Distritos de Riego (DR), están relacionados directamente con la entrega oportuna y suficiente de agua a los cultivos y con las condiciones en las que se encuentra la infraestructura hidroagrícola; es decir, la capacidad productiva real de los DR, depende directamente del estado físico de su infraestructura.

A pesar de que en México más de la mitad del presupuesto de los DR se destina a la conservación y el mantenimiento de la infraestructura, en muchos casos, estos recursos económicos resultan insuficientes para sostenerla en condiciones óptimas.

La infraestructura hidroagrícola de los 85 DR que existen en México, tiene las siguientes características:

- 12.643 km de canales principales y 35.517 km de secundarios.
- 9.565 km de drenes colectores y 21.599 km de drenes secundarios.
- 70.156 km de caminos, el 53% son de terracería, el 41% están revestidos y el resto están pavimentados.

Los canales y los drenes se clasifican en 5 tipos a los que se les denomina A, B, C, D y E, según sus características geométricas. Los porcentajes de sus tipologías dentro del territorio nacional y dichas características se presentan en la Tabla 1.

En general la tercera parte del presupuesto de conservación de los DR se utiliza para realizar el control de la maleza en canales, drenes y caminos, principalmente mediante el método mecánico.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Subcoordinador de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidroagrícola. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México D.F. <lomeli@tialoc.imta.mx>

<sup>3</sup> Ingeniero Mecánico. Jefe de Proyecto de Maquinaria y Equipo de Distritos de Riego. Comisión Nacional del Agua. Av. Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco, el Bajo C.P. 04340. Copilco, México D.F. <nazario.alvarez@conagua.gob.mx>

Recibido: Julio 27 de 2010; Aceptado: Diciembre 9 de 2010

**Tabla 1.** Características y porcentajes dentro del territorio mexicano de canales y drenes.

Tipo	Plantilla (m)	Tirante (m)	Canales		Drenes	
			(%)	Acumulado	(%)	Acumulado
A	Entre 10 y 20	Más de 3,0	3,2	100,0	5,8	100,0
B	Entre 8 y 10	Entre 2,5 y 3,0	1,4	96,8	8,0	94,2
C	Entre 4 y 6	Entre 1,8 y 2,4	5,4	95,4	16,9	86,2
D	Entre 2 y 4	Entre 1,3 y 1,7	13,8	90,0	28,9	69,3
E	Menos de 2	Menos de 1,2	76,2	76,2	40,4	40,4

**Generalidades.** Al principio de los años noventa, para realizar los trabajos de control de maleza en los DR se utilizaba maquinaria pesada, cuyo diseño es más propio para la construcción que para la conservación (mantenimiento) de la infraestructura; lo que resultaba caro y propiciaba el deterioro de la sección hidráulica de la infraestructura. En la Tabla 2,

puede observarse el inventario de maquinaria del año 1992 que corresponde a una muestra representativa de los DR, en el que prevalecían las dragas y los tractores sobre orugas, empezaban a emplearse las excavadoras y existían 25 retroexcavadoras cargadoras para utilizarse en los canales y drenes medianos y pequeños. Por lo anterior, la Comisión

**Tabla 2.** Inventario de maquinaria representativo de los Distritos de Riego en México para el año 1992.

Maquinaria y equipo	Cantidad
Excavadora	2
Draga	89
Retroexcavadora cargadora	25
Tractor sobre orugas	52
Motoconformadora	39
Tractor agrícola	24
Cargador frontal	9
Motoescrepa	8
Total	248

Nacional del Agua (CONAGUA) en coordinación con el Instituto Mexicano del Agua (IMTA), se avocaron a identificar maquinaria diseñada específicamente para el control de la maleza encontrándose que el equipo de mantenimiento –coloquialmente llamado equipo ligero- cumple con las características citadas, en primera instancia, se importó un lote directamente de Holanda ya que en ese momento se consideró que cumplía las expectativas; sin embargo, con el paso del tiempo se presentaron problemas de mantenimiento, por insuficiente asistencia técnica y debido a la distancia del proveedor, se dificultaba el suministro de repuestos.

Para resolver dichos problemas, se identificaron, equipos de fabricados en los Estados Unidos de América, de los cuales, se obtuvo asistencia técnica para su operación y mantenimiento, además, que por su ubicación en el estado de Texas, el suministro de repuestos se facilitó enormemente.

Los primeros equipos venían montados en tractores con motores de 220 HP de potencia, posteriormente con el seguimiento al rendimiento de los equipos y gracias a la participación de técnicos de los DR y del fabricante, se ha disminuido el requerimiento de potencia de los tractores con el objeto de reducir los costos de operación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un equipo ligero, está formado por un tractor agrícola, un sistema electrohidráulico, un brazo hidráulico con un alcance de hasta diez metros y un implemento, como puede observarse en la Figura 1. Se dispone de

una gran cantidad de implementos, lo cual permite controlar con eficiencia cualquier tipo de maleza que se desarrolle en la infraestructura hidroagrícola, en este caso se hace referencia únicamente a los tipos específicos que son los que más se usan en México: barra taludadora, desbrozadora, desvaradora y canastilla segadora.



**Figura 1.** Partes de un equipo ligero empleado para el control de maleza en los Distritos de Riego de México.

La utilización del brazo hidráulico permite la operación del implemento con rapidez y facilidad, proporcionándole gran movilidad para trabajar sobre taludes, plantilla y bordos de canales, drenes y caminos, aún cuando se presenten cercas u obstáculos naturales.

La barra taludadora es el equipo más sencillo, consiste en una barra metálica con dobles cuchillas de vaivén, que cortan la maleza y la dejan sobre el talud, permite cortar plantas suaves, es decir, las que pueden trozarse con las manos.

La desvaradora, cuenta con una o varias hojas metálicas o cuchillas que giran sobre un eje vertical que cortan la maleza. En tanto que la desbrozadora está constituida por pequeñas cuchillas del tipo azadón que giran sobre eje horizontal y pican la maleza. Ambos implementos cuentan con un bastidor de material muy resistente para evitar el lanzamiento de piedras y otros objetos duros durante la operación, por lo cual, se recomiendan para el control de maleza terrestre con tallo leñoso de dureza media, es decir para aquellas plantas que puedan cortarse en condiciones normales a golpe de machete.

La canastilla segadora, consta de dos juegos de cuchillas y un cucharón tipo canastilla, lo cual permite cortar y recoger el material para extraerlo fuera de la sección hidráulica en un solo ciclo de operación, tratándose de vegetación terrestre

suave de taludes y bordos, también puede extraer las malas hierbas acuáticas en canales y drenes, como puede ser el caso de la *Hydrilla verticillata* o del *Lilium* sp.

De acuerdo con la experiencia de campo obtenida durante la evaluación, se presentan en la Tabla 3 algunas recomendaciones para seleccionar el implemento a utilizar, sin embargo en cada distrito deberá hacerse un análisis específico, tomando como base la dureza y la consistencia de las plantas, más que el diámetro mismo de la maleza.

Cuando haya maleza leñosa que no se pueda cortar a golpe de machete, no deberá utilizarse el equipo ligero, es conveniente eliminarla con maquinaria pesada o bien manualmente, de acuerdo con las características de dicha maleza y de la maquinaria disponible.

Como parte de la validación de los equipos ligeros en DR representativos, se obtuvo la metodología general para su utilización, misma que se describe a continuación:

- Eliminar manualmente o con maquinaria pesada, la maleza que no se pueda cortar a golpe de machete; es necesario realizar la extracción de la raíz y de los troncos fuera de la sección. Esta actividad debe desarrollarse por única ocasión en los casos que se requiera.

- Extraer manualmente los materiales indeseables que puedan dañar la maquinaria y los implementos como pueden ser piedras, botellas, botes, etcétera. Esta actividad es conveniente desarrollarla con la frecuencia necesaria sobre todo en los tramos ubicados cerca de las ciudades y donde las bermas son muy transitadas.

**Tabla 3.** Recomendaciones generales para la selección de los implementos empleados en el control de maleza en los Distritos de Riego de México.

Implemento	Características de la maleza por controlar
Desbrozadora y desvaradora	Herbácea o leñosa terrestre que pueda cortarse normalmente a golpe de machete
Canastilla segadora	Herbácea o leñosa terrestre que pueda trozarse con las dos manos Acuática flotante Acuática emergente Acuática sumergida Emergente
Barra taludadora	Herbácea o leñosa terrestre que pueda trozarse con las dos manos Emergente

- Rectificar los taludes, con la finalidad de que estén lo más paralelos posible a los implementos. Esta actividad debe desarrollarse por única ocasión en los casos que se requiera.
  - Para evitar que los implementos, los equipos la infraestructura se dañen es muy conveniente señalar las estructuras de canales y drenes.
  - Seleccionar y aplicar el implemento más adecuado para controlar la maleza predominante, de acuerdo con lo señalado en la Tabla 3.
  - Realizar el corte de la maleza (dejando 5 cm de capa vegetativa para proteger los taludes) de acuerdo con una frecuencia que resulte de la aplicación de los parámetros siguientes:
    - Evitar que la maleza obstaculice el flujo del agua para que no disminuya la capacidad de conducción.
    - Eliminar la maleza antes que forme semilla y se disperse a lo largo del cauce.
    - Cortar la maleza en su primer período de crecimiento, ya que el corte tiene una mayor influencia en el ritmo de crecimiento de las plantas.
- Al realizar el corte de la maleza de acuerdo a dichos criterios se mantienen los taludes con maleza suave



**Figura 2.** Tramo de canal antes y después de utilizar el equipo ligero para control de maleza.

que puede cortarse con los implementos más sencillos y a un menor costo. Para llevar a cabo el control de la maleza con una mayor seguridad y eficiencia, es conveniente mantener en buenas condiciones los caminos ya que la presencia en ellos de zanjas resta estabilidad al equipo durante el desarrollo de los trabajos, sobre todo cuando llevan el brazo totalmente extendido.

Dado que se trataba de una tecnología nueva, una vez validada la maquinaria para su aplicación en México, se consideró necesario establecer una estrategia para llevar a cabo la transferencia de la tecnología del uso de los equipos primero al personal técnico de CONAGUA y posteriormente al de las asociaciones civiles de usuarios, dicha estrategia se integró complementando los siguientes tres componentes:

- Tecnológico
- De capacitación
- De comunicación

El primero de ellos, considera todos los aspectos tecnológicos del uso, tales como las condiciones de aplicación del equipo y los requerimientos para su conservación y mantenimiento, el segundo se refiere a la capacitación teórico práctica del personal técnico de CONAGUA y las asociaciones de usuarios; y el tercero se encarga de la elaboración de material audiovisual de apoyo para establecer un programa de comunicación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica en busca de trabajos de evaluación de este tipo de maquinaria y se estableció contacto con el fabricante de los equipos Alamo, no encontrándose trabajos con características similares al presente.

Como resultado del proceso de identificación, validación y transferencia de la tecnología para la utilización de los equipos ligeros en México y de un programa de modernización de la maquinaria, ha sido posible sustituir la maquinaria pesada que se utilizaba para el control de la maleza por equipos ligeros que realizan dichos trabajos de manera eficiente y económica, la adquisición de dragas se ha cancelado y se ha incrementado el número de excavadoras hidráulicas.

Las retroexcavadoras cargadoras actualmente se utilizan principalmente para trabajos de extracción de sedimentos, excavaciones y relleno para la colocación de tuberías a nivel de redes de distribución y parcelario así como extracción y carga de materiales para relleno de bordos y bermas y para revestimiento de caminos. Los equipos ligeros se utilizan para el control y remoción de maleza acuática y terrestre en canales y drenes.

En la Tabla 4 se presenta el inventario actual de los mismos DR representativos de la Tabla 2, con base en los mismos tipos de maquinaria, además de incluir los equipos ligeros.

**Tabla 4.** Inventario de maquinaria representativo de los Distritos de Riego en México para el año 2010.

<b>Maquinaria y equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Excavadora	131
Draga	37
Retroexcavadora cargadora	109
Tractor sobre orugas	63
Motoconformadora	83
Tractor agrícola	10
Cargador frontal	15
Motoescrepa	1
Subtotal	449
Equipos ligeros	80
Total	529

La evaluación y validación de la tecnología se realizó en tramos de canales y drenes seleccionados y con características similares, donde trabajaron los equipos ligeros y retroexcavadoras cargadoras con varias repeticiones obteniéndose los rendimientos que se presentan en la Tabla 5.

Además, se determinaron los costos por hora efectiva de trabajo y de operación; con el costo horario y el rendimiento promedio se obtuvieron precios unitarios para un mismo tipo de trabajo con ambos tipos de maquinaria, que se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 5.** Rendimientos de campo en el control mecánico de maleza en los Distritos de Riego de México.

Tipo de máquina	Rendimientos en hectáreas/hora efectiva		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Equipo ligero	0,0732	0,1324	0,0948
Retroexcavadora cargadora	0,0567	0,1027	0,0797

**Tabla 6.** Análisis de costos de los trabajos de control mecánico de maleza en los Distritos de Riego de México.

Concepto	Dólares (US\$)	
	Equipo ligero	Retroexcavadora cargadora
Costo por hora efectiva	23,52	31,55
Costo de operación	10,18	13,03
Precio unitario por hectárea	19,09	31,40

Los trabajos de control de maleza con el equipo ligero son 39,21% más económicos que con la retroexcavadora cargadora bajo las mismas condiciones de funcionamiento, además que no se deteriora la sección hidráulica y los costos

de operación de los equipos ligeros son también menores. Por tal motivo actualmente existen 263 equipos ligeros de diferentes tipos y marcas. En la Tabla 7 se muestran algunas características de ellos.

**Tabla 7.** Principales características de equipos ligeros utilizados para el control mecánico de maleza en Distritos de Riego de México.

País	Marca *	Potencia de Tractor (HP)	Alcance de Brazo hidráulico (m)
Holanda	Herder	220	De 6,00 a 9,00
Estados Unidos de Norteamérica	Alamo	De 90 a 110	De 6,00 a 9,00
	Diamond	De 90 a 110	De 6,00 a 9,00
Italia	Orsi	De 45 a 70	De 4,00 a 8,50
	Berti	De 75 a 90	De 5,00 a 7,30
México	Industrias Vázquez	De 70 a 90	De 4,00 a 6,00

\* La mención de marcas comerciales se hace con fines ilustrativos y no implica su recomendación

El empleo del brazo hidráulico permite realizar trabajos de control de la maleza y mantener la sección hidráulica completa (taludes, plantilla

y bordos) de la mayor parte de los canales y los drenes aún en tramos en los que el acceso esté restringido a uno de los bordos.

## **CONCLUSIONES**

La utilización constante de los equipos ligeros bajo condiciones adecuadas de trabajo, ha permitido realizar actividades de control de la maleza en canales drenes y caminos en forma oportuna, eficiente y económica. Debido a su versatilidad, se puede usar el implemento más adecuado para cada tipo de maleza, no deteriora la infraestructura y permite que se desarrolle una capa vegetativa que protege los taludes, esta situación evita que parte del suelo de los taludes caiga al cauce y provoquen la acumulación de sedimentos.

En México actualmente se han adquirido y están en uso 263 equipos ligeros en los Distritos de Riego, lo que ha permitido una reducción del 39,21% en los costos de los trabajos de control de maleza en la infraestructura y existe un gran potencial para su utilización ya que el 90% de los canales y el 70% de los drenes de los Distritos de Riego, son de los tipos D y E; es decir, son menores de 4 m de plantilla y 1,70 m de tirante.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua. 2010. Inventario de maquinaria de conservación de los distritos de riego. CONAGUA, México. p. 1-13.

Comisión Nacional del Agua. 2010. Inventario de la infraestructura de los distritos de riego. CONAGUA, México. p. 1-13.

Lomelí, V.J.R. y A. Dávila. 1994. Evaluación del impacto de la conservación y validación de equipo ligero. Informe Técnico de Investigación. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. p. 2-6.

Lomelí, V.J.R. y R. Espinosa. 1994. Maquinaria para el mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola en los distritos de riego. Revista Ingeniería Hidráulica en México 9(3): 1-2.

Lomelí, V.J.R., M. del R. Álvarez y N. Álvarez. 2006. La maquinaria en la conservación de los distritos de riego. p. 1-2. En: Memorias. II Congreso Internacional de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Lomelí V.J.R. 2006. Importancia de la conservación de infraestructura hidroagrícola en México. p. 2-4. En: Memorias. XII Reunión Nacional y II de América Latina y el Caribe sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Querétaro, México.