



XLI

CONGRESO INTERNACIONAL DE LA
CIENCIA DE LA MALEZA

Efecto de la maleza acuática en la conducción de agua en infraestructura hidroagrícola de Tamaulipas, México

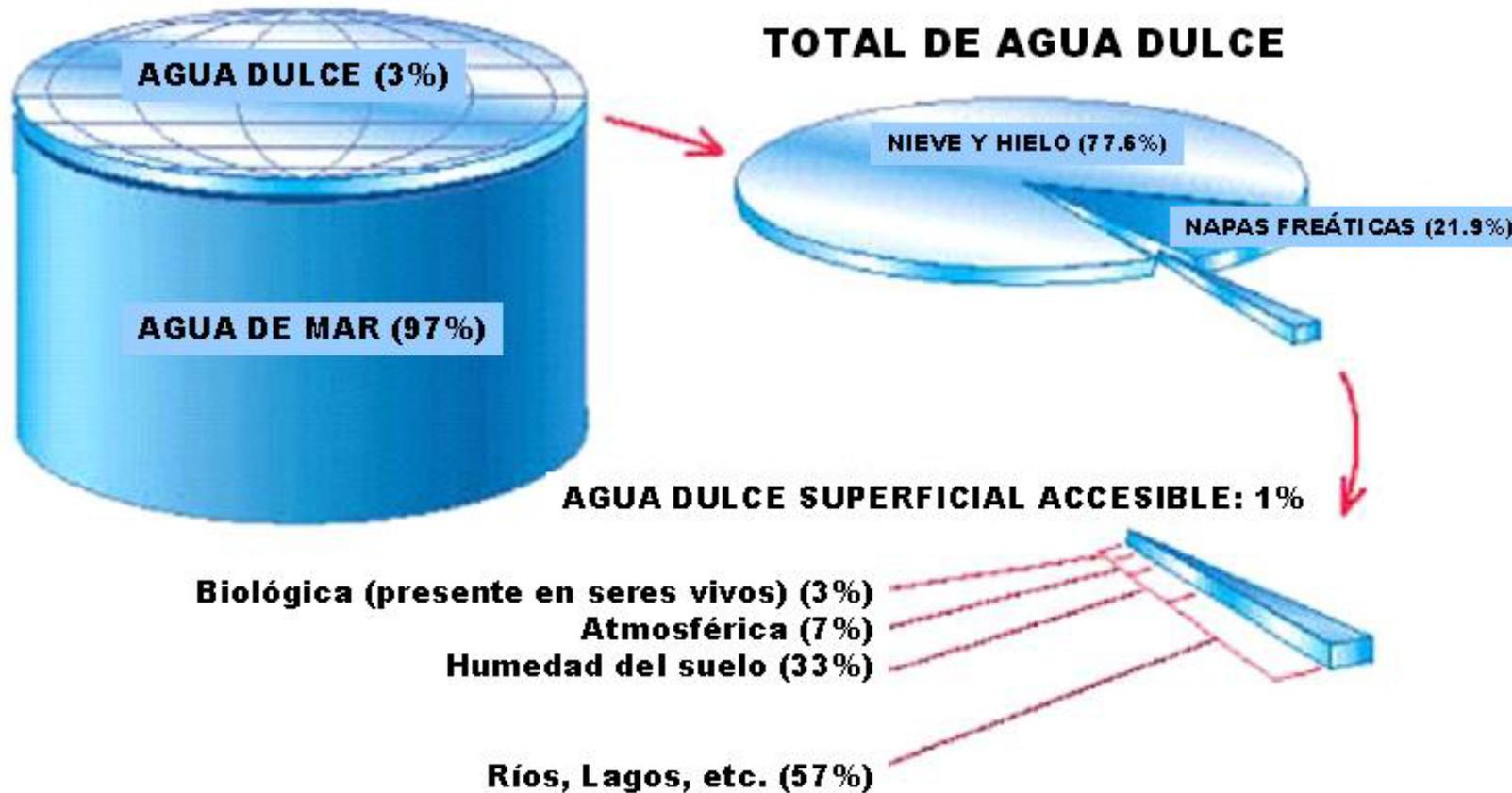
Dra. Virginia Vargas-Tristán

Profesora-Investigadora – Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

El agua es un recurso vital en términos de salud y vida de la población, así como de los ecosistemas naturales



TOTAL DE AGUA EN EL PLANETA: 70% DE LA SUP. DE LA TIERRA



Fuente: Mitchel (1998) y Lefort (1996).

Disponibilidad de Agua en el Mundo (Christpophenson,1997).

1,386 millones km³



96.5% Océanos



3.5% Agua dulce



(69% forma sólida-glaciares, 30% Agua subterránea, 1% Rios y cuerpos de agua)





Disponibilidad de Agua en México - 476 km³

Consumo de los 476 km³ de Agua Disponible



Agricultura : 83 %



Doméstico : 12 %

Industrial : 3 %



Acuacultura : 2 %





Superficie Irrigada a nivel Mundial

Regions	Subregiones	Superficie Irrigada (Millones de ha)	Superficie Irrigada (%)
World		325.1	100.0
Africa		15.6	4.8
Northern Africa		7.4	2.3
Sub-Saharan Africa		8.2	2.5
	Sudano Sahelian	2.9	0.9
	Gulf of Guinea	0.6	0.2
	Central Africa	0.1	0.0
	Eastern África	1.4	0.4
	Southern África	2.3	0.7
	Indian Ocean Islands	0.9	0.3
America		52.2	16.1
Northern America		34.3	10.6
	Northern America	27.8	8.6
	México	6.5	2.0
Central America and Caribbean		1.8	0.6
	Central America	0.8	0.2
	Caribbean-Greater Antilles	1	0.3
	Caribbean-Lesser Antilles and Bahamas	0.02	0.0
Southern America		16	4.9
	Guyana	0.2	0.1
	Andean	6.5	2.0
	Brazil	5.4	1.7
	Southern America	3.8	1.2

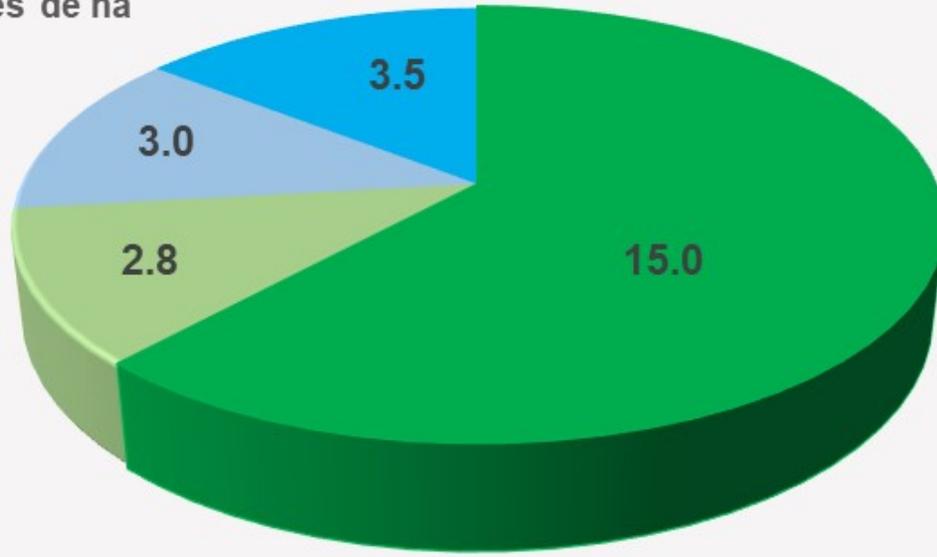
México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en Superficie con infraestructura de riego: 6.5 millones de ha

Existen más de 4,462 presas en México con una capacidad de almacenamiento de 150 mil millones de m³.

85 Distritos de Riego: 3.5 millones de ha
39,492 Unidades de Riego: 3.0 millones de ha



Millones de ha



■ Temporal

■ Unidades de riego

■ Temporal tecnificado

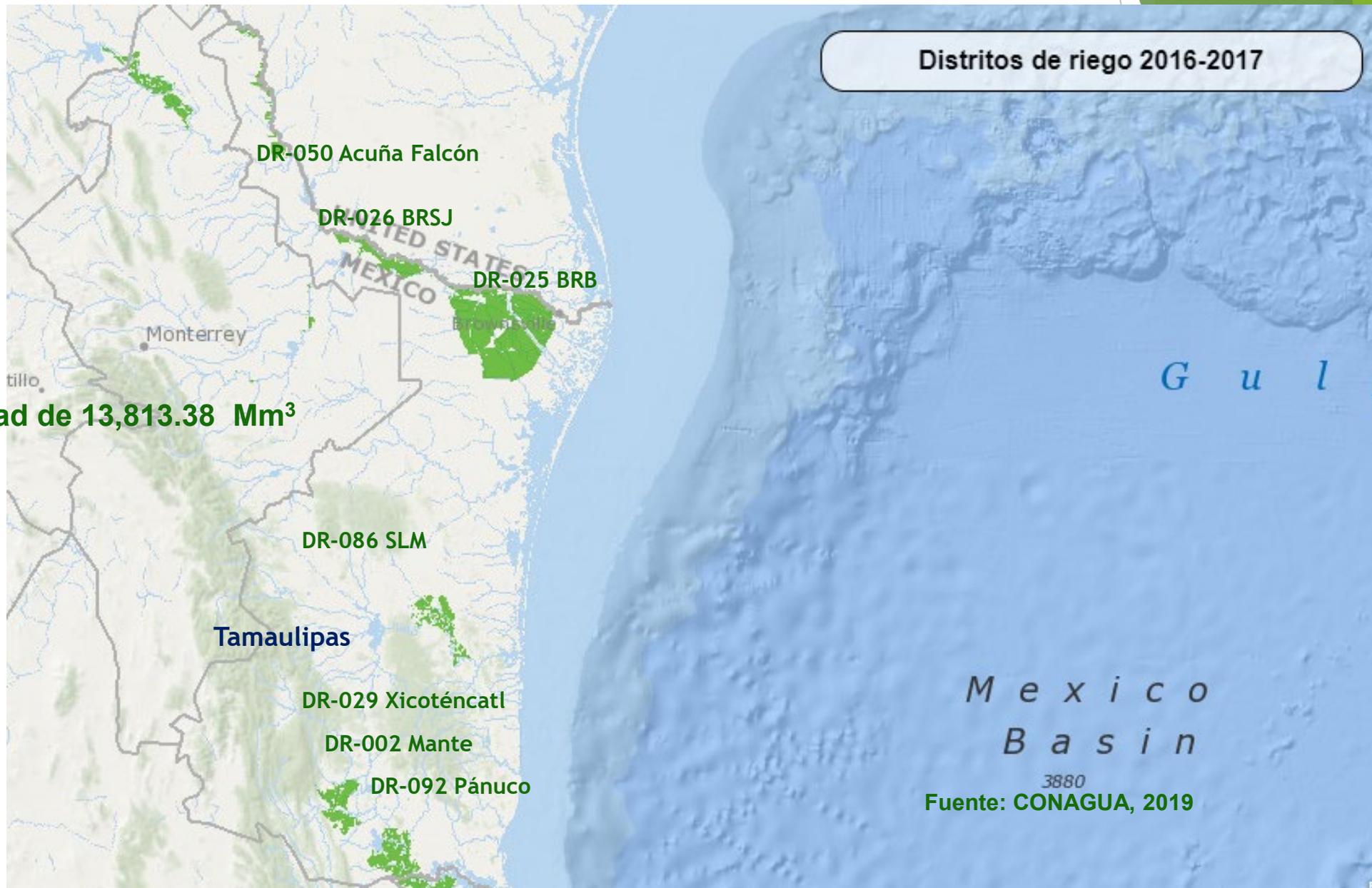
■ Distritos de Riego



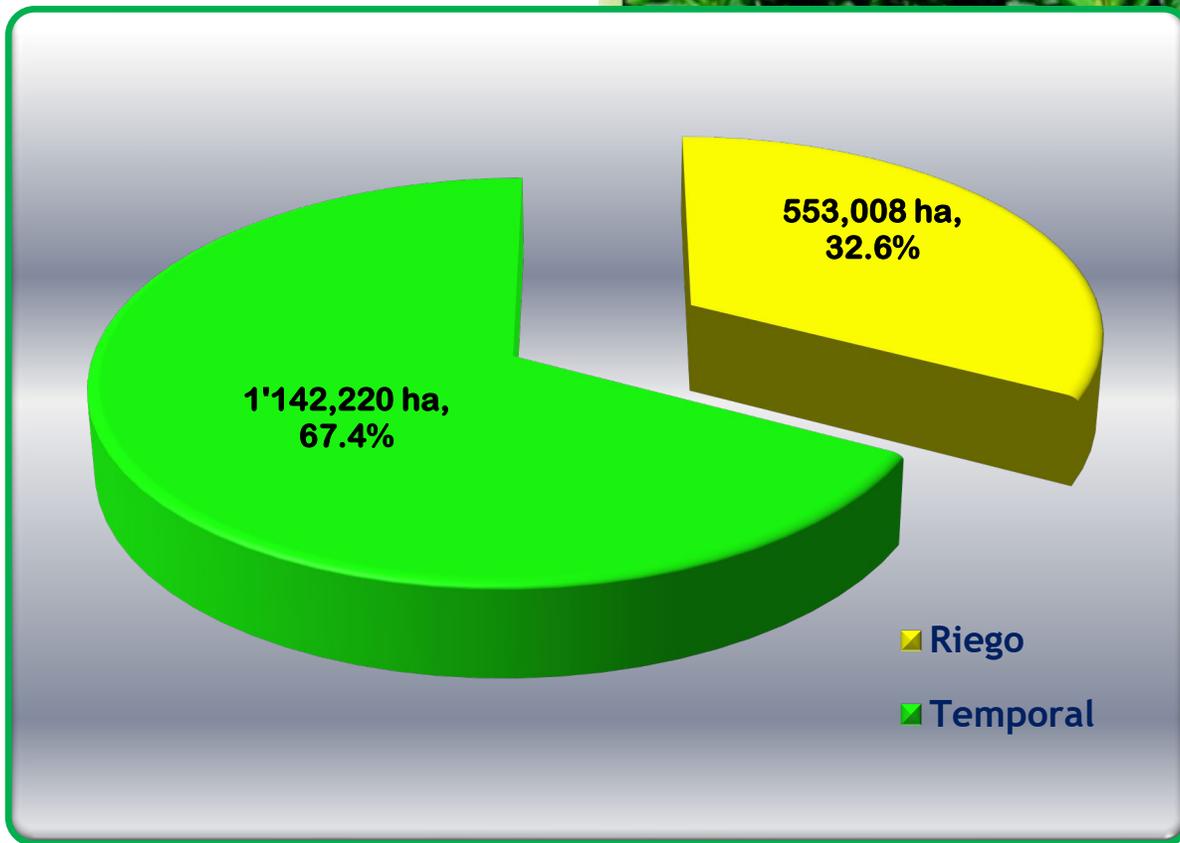


Edo de Tamaulipas. Zona de estudio

22°12'31" y 27°40'52" Lat. N y a los 97°08'38" y 100°08'51" de Lon. W.
Ext. Terr. 79,829.00 Km², es el 4.1% de la Sup. Nacional.



7 Presas – Capacidad de 13,813.38 Mm³
31 Ríos
5 Lagunas





Importancia de los DR en la producción de alimentos es ampliamente reconocida.

En su operación persisten una serie de problemas relacionados con su infraestructura, operación y administración.

Lo que se refleja en una gestión ineficiente de estos DR (Altamirano et al., 2017).





La alta proliferación de maleza acuática lo que provoca un manejo inadecuado del recurso hídrico que repercute en los rendimientos de los cultivos que se siembran en el estado.

Antecedentes

GENERALIDADES SOBRE MALEZA

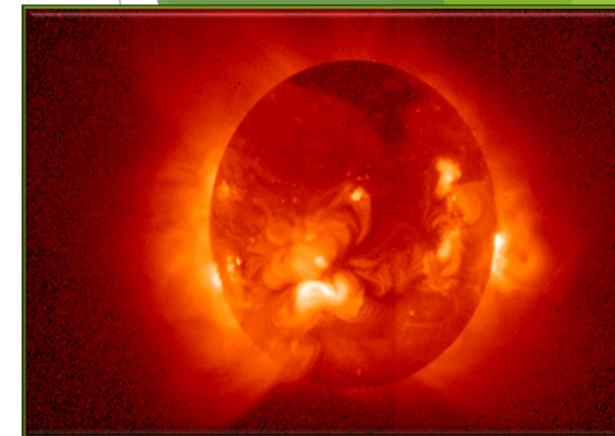
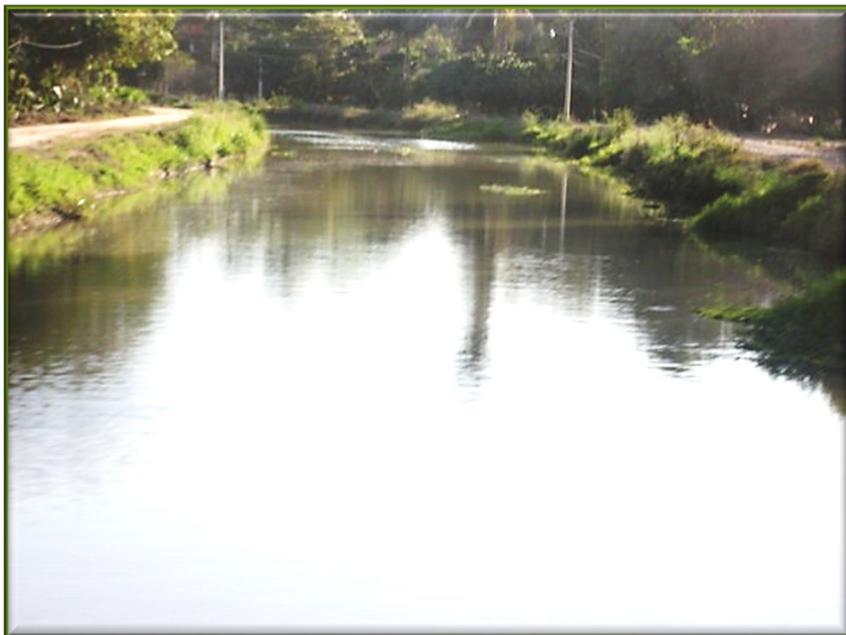
Uno de los argumentos más frecuentes sobre el estudio de las plantas acuáticas es establecer los factores más importantes que determinan su crecimiento, con la finalidad de predecir la presencia y abundancia de las especies en un determinado hábitat.



Generalidades sobre Maleza

El crecimiento de las plantas acuáticas está relacionado principalmente con las condiciones ambientales tales como:

La luz, temperatura, composición del sedimento, disponibilidad de nutrientes, el pH, alcalinidad, salinidad, densidad de población, variación en el nivel y velocidad del flujo de agua, así como con sus interacciones ecológicas.



Parásito de importancia económica potencial para los cuerpos de agua de cualquier país, de tal modo, que es susceptible de ser controlada oficialmente (Walton , 1998).

Cuándo dejamos
de decirle
plantitas
acuáticas



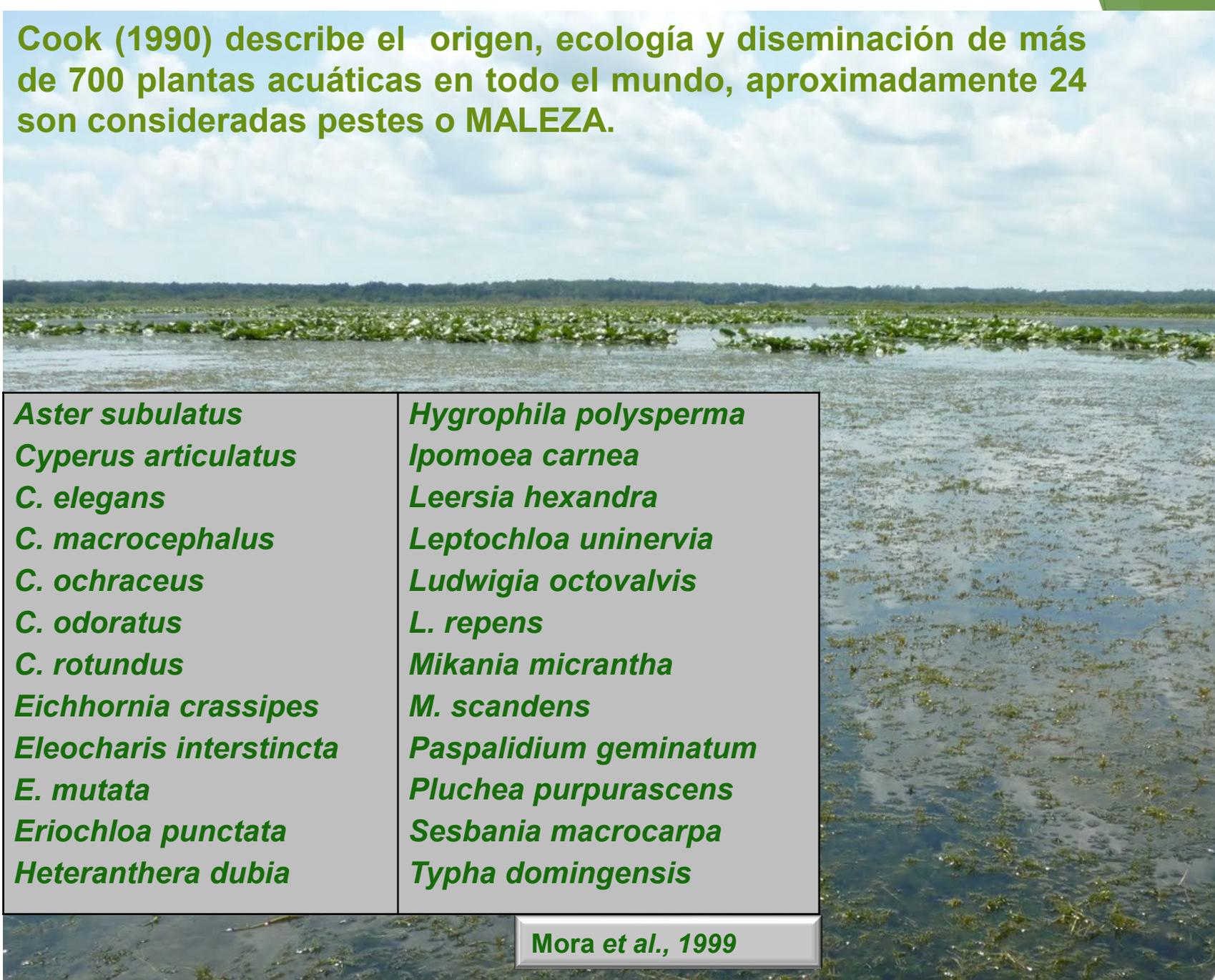
El término «maleza»: Planta indeseable en un área, pero benéfica en otras (Cook, 1990).



Un programa de control de malezas debe iniciar con el inventario de las especies existentes y con el seguimiento del proceso de infestación.



Cook (1990) describe el origen, ecología y diseminación de más de 700 plantas acuáticas en todo el mundo, aproximadamente 24 son consideradas plagas o MALEZA.



<i>Aster subulatus</i>	<i>Hygrophila polysperma</i>
<i>Cyperus articulatus</i>	<i>Ipomoea carnea</i>
<i>C. elegans</i>	<i>Leersia hexandra</i>
<i>C. macrocephalus</i>	<i>Leptochloa uninervia</i>
<i>C. ochraceus</i>	<i>Ludwigia octovalvis</i>
<i>C. odoratus</i>	<i>L. repens</i>
<i>C. rotundus</i>	<i>Mikania micrantha</i>
<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>M. scandens</i>
<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Paspalidium geminatum</i>
<i>E. mutata</i>	<i>Pluchea purpurascens</i>
<i>Eriochloa punctata</i>	<i>Sesbania macrocarpa</i>
<i>Heteranthera dubia</i>	<i>Typha domingensis</i>

Mora et al., 1999

CLASIFICACIÓN DE MALEZA ACUÁTICA

Libres flotantes



Eichhornia crassipes



Pistia stratiotes

CLASIFICACIÓN DE MALEZA ACUÁTICA

Emergidas



Typha domingensis



Nymphaea elegans

CLASIFICACIÓN DE MALEZA ACUÁTICA

Sumergidas



Hygrophila polysperma



Hygrophila corymbosa

Principales malezas sumergidas en Tamaulipas



Principales malezas sumergidas en Tamaulipas



Chara sp.



*Potamogeton
pectinatus*

Problemática de malezas acuáticas



Impacto ecológico

- Invade hábitat silvestre
- Cambia la estructura básica de los ecosistemas



Impacto económico

- Dificulta manejo del agua, interrumpe pesca comercial y deportiva
- Aumenta los costos de conservación



Impactos en la salud

- Hospedan vectores de enfermedades
- Incrementa la incidencia de enfermedades

Generalmente las plantas acuáticas que se comportan como maleza son especies introducidas, aunque también las hay nativas, sólo que éstas últimas suelen causar daños más ligeros y sólo cuando existe un fuerte disturbio humano en el sistema (Mora, 1997).



Problemática de malezas acuáticas

Se presentan como problema por el desconocimiento de su comportamiento y manejo. La principal estrategia para combatirlas es prevenir la introducción de especies exóticas.





Problemática de Maleza Acuática en infraestructura de riego de Tamaulipas, México

- 1) Problemática en el Río Bravo (Límite con USA)**
- 2) Problemática en los Distritos de Riego**
- 3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico**
- 4) Evaluación del impacto de la infestación de maleza acuática en la eficiencia de conducción de agua**

1) Problemática en el Río Bravo



El Río Grande nace en Colorado, baja al sureste y marca el límite sur de los estados de Nuevo México y Texas, en EE.UU., y el límite norte de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, en México, hasta desembocar en el Golfo.

1) Problemática en el Río Bravo

La agricultura, los servicios municipales, recreativos y aspectos ecológicos están afectados por la escases de agua y la presencia de la maleza acuática a lo largo del río.



1) Problemática en el Río Bravo

Pérdida de agua por evaporación, disminución del aprovechamiento del área hidráulica y reducción de la eficiencia de conducción del agua. Además dificulta el manejo hidráulico e incrementa los costos de operación y conservación que requieren.



1) Problemática en el Río Bravo

Ineficaz aprovechamiento de agua para uso doméstico



En el periodo de octubre a mayo se envía, por el río, a la ciudad de Matamoros alrededor de 95 millones de m³ de agua, sin embargo en el último periodo se requirió aumentar en más del 100% dicha cantidad de agua.



1) Problemática en el Río Bravo

La extracción mecánica de la maleza acuática tiene altos costos, Ej. en trece kilómetros críticos del río le costo a EEUU un millón de dólares.





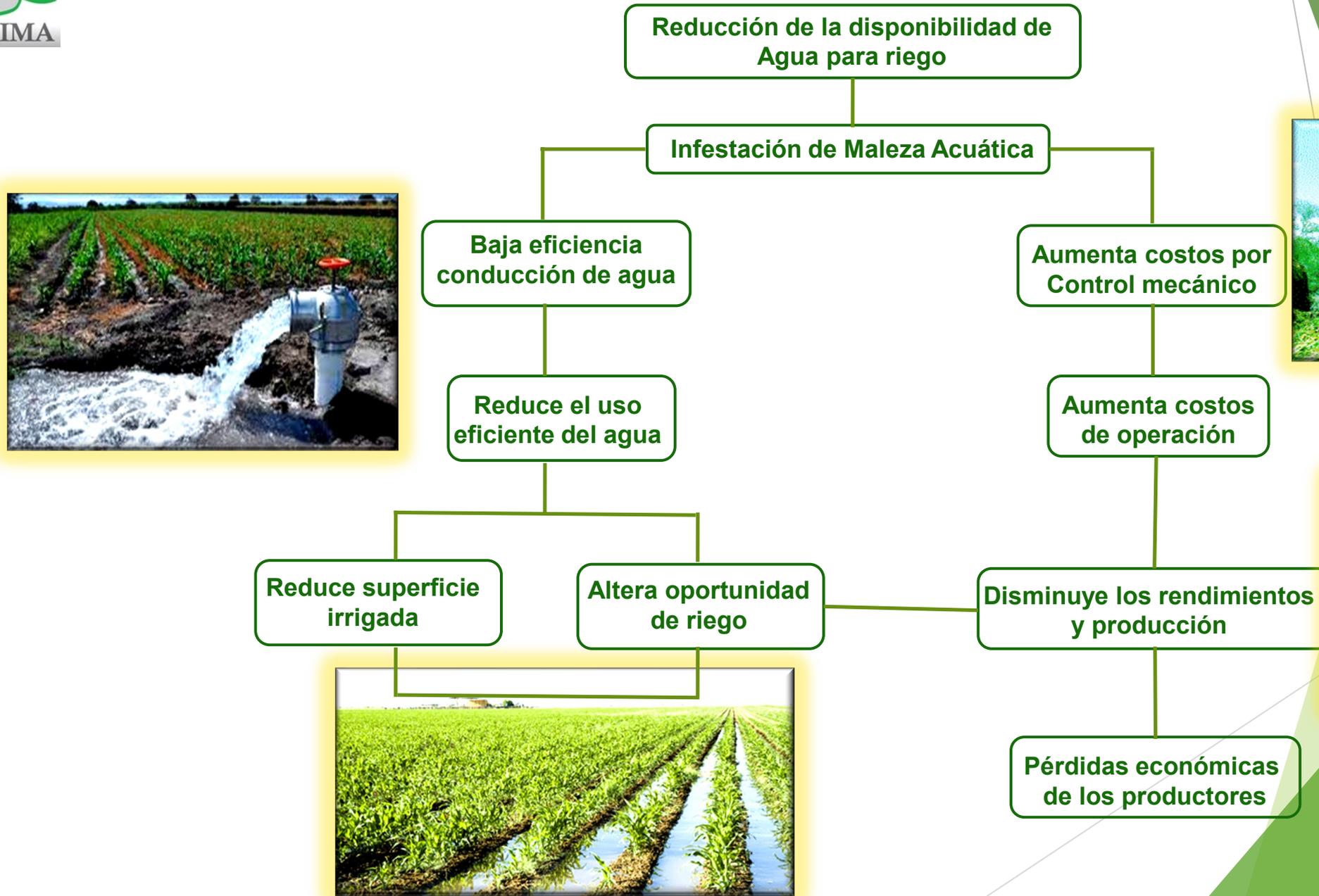
1) Problemática en el Río Bravo

Coordinación Binacional



Es indispensable desarrollar el programa de control de maleza acuática, en función de los intereses de ambos países. México necesita formar un equipo de trabajo interinstitucional que dirija este programa a nivel nacional .

2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego



2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control Mecánico





2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control Mecánico



\$ 5,000.00 por Km de cadeneo



2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control Manual





2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control Químico (no se utiliza)



2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control biológico

Carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*)



Pez de agua dulce y tolera agua salobre
Origen: frontera de China y la Unión Soviética.

Desova en el río Tone (Japón) y en su lugar de origen a temperatura mayor de 20°C.

Éxito. Se debe a su voracidad y tolerancia a parámetros ambientales. 0 - 40°C y 0.3 - 0.5 ppm de oxígeno disuelto

Temperatura óptima de desarrollo 20 a 30°C.



2) Problemática de Maleza Acuática en los Distritos de Riego

Control biológico

Densidad 50 Kg Km⁻¹

Talla - 15 cm

Peso - 70 gr





3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico

Presas Vicente Guerrero. Tamaulipas, México

Capacidad: 5,498 millones de m³

**DR-086 SLM
Superficie de 72,000 ha**

**Uso Doméstico
500, 000 habitantes**



3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico



Área ocupada por el embalse: 22,210 ha

3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico



Lechuguilla
(*Pistia stratiotes* L.)





3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico

Se han realizado recorrido aéreos por el vaso para estimar las áreas de infestación de Lechuguilla en los ríos y arroyos tributarios de la Presa Vicente Guerrero



En la desembocadura del Río Pilón se encontraron los primeros manchones de Lechuguilla



Río Corona y localización de zonas afectadas por Lechuguilla





11/2013

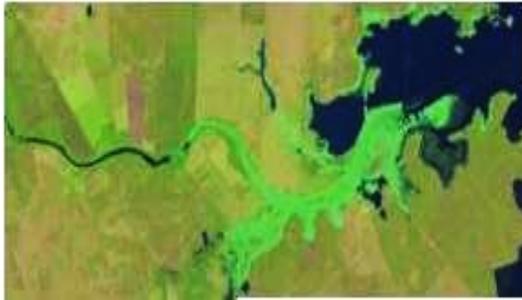


01/2014

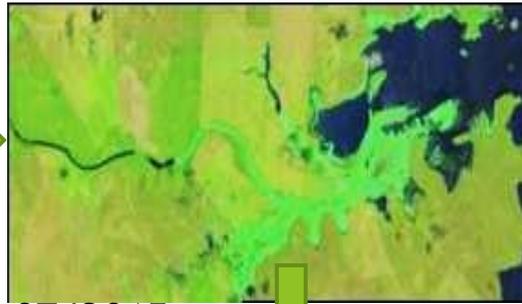


Seguimiento de la infestación de Lechuguilla en la PVG

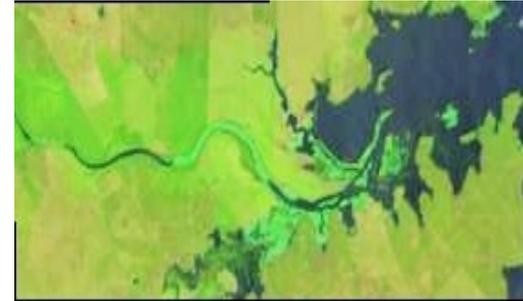
02/2015



03/2015



04/2014



11/2014



07/2015

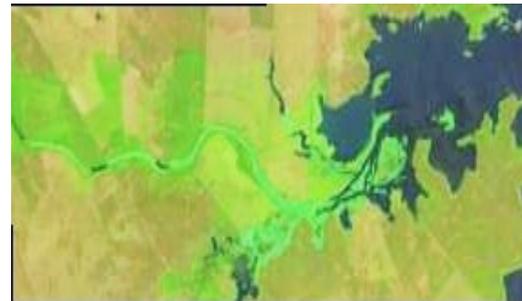


06/2014



10/2014

07/2014



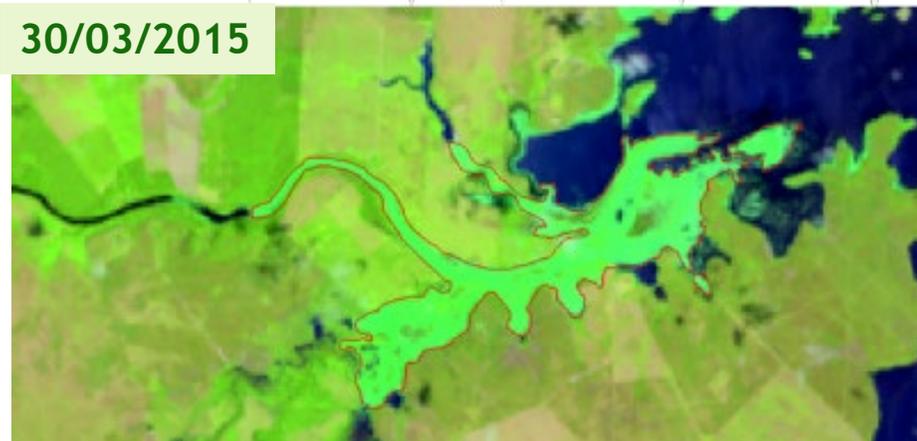


FECHA	Área Maleza		Diferencias		
	m ²	ha	días	ha	Avance (ha día ⁻¹)
22/11/2014	1'676,617.46	167.66			Tasa de crecimiento promedio = 0.4 ha día ⁻¹
26/02/2015	2'494,352.93	249.44	96	81.77	0.85
30/03/2015	2'596,630.98	259.66	32	10.23	0.32
04/07/2015	2'855,756.00	285.58	96	25.91	0.27

22/11/2014



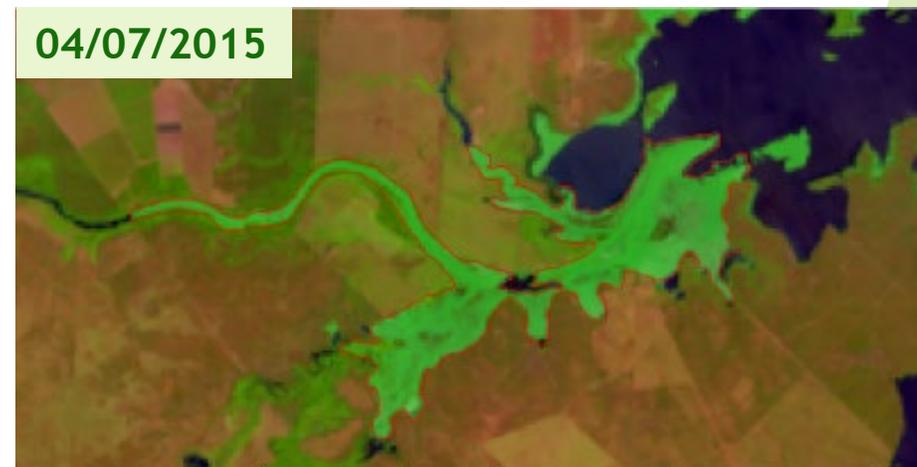
30/03/2015



26/02/2015



04/07/2015



3)

Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico



Afectaciones a la pesca



3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico

Afectaciones
al uso
doméstico



3) Problemática en las Presas de abastecimiento hídrico

Establecer un programa de control integral de la Lechuguilla en La Presa Vicente Guerrero, en el estado de Tamaulipas



4) Evaluación del impacto de la infestación de maleza acuática en la eficiencia de conducción de agua

**120
Kilómetros**



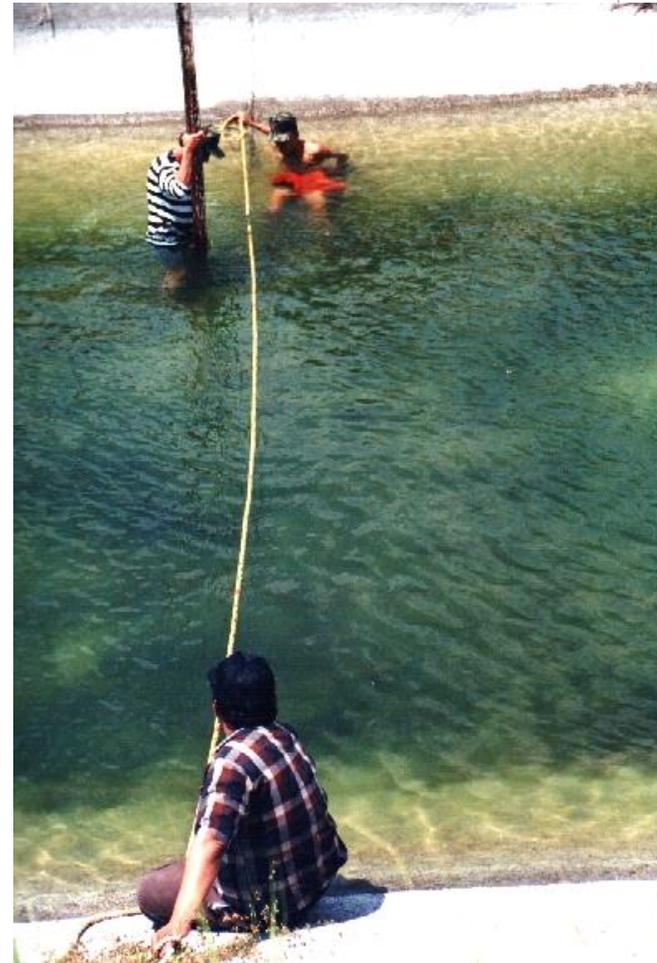
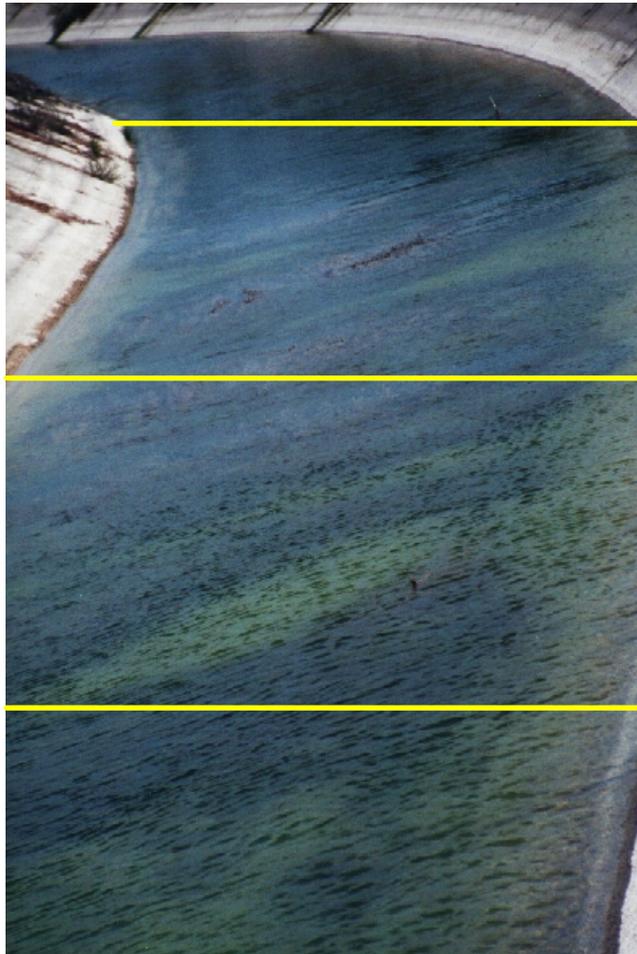
Canal Principal Margen Izquierdo (CPMI) del Distrito de Riego 086 Soto la Marina, Tamaulipas.

Metodología para la determinación de la Velocidad y Gasto de agua

Método Área-Velocidad,

- 1) **Medición de la sección transversal del canal, para dividirlo en franjas en función del espejo de agua del canal.**

Sección transversal del canal



2) Medición de la profundidad de cada franja al inicio (A), mitad (B) y final (C) de cada una de ellas

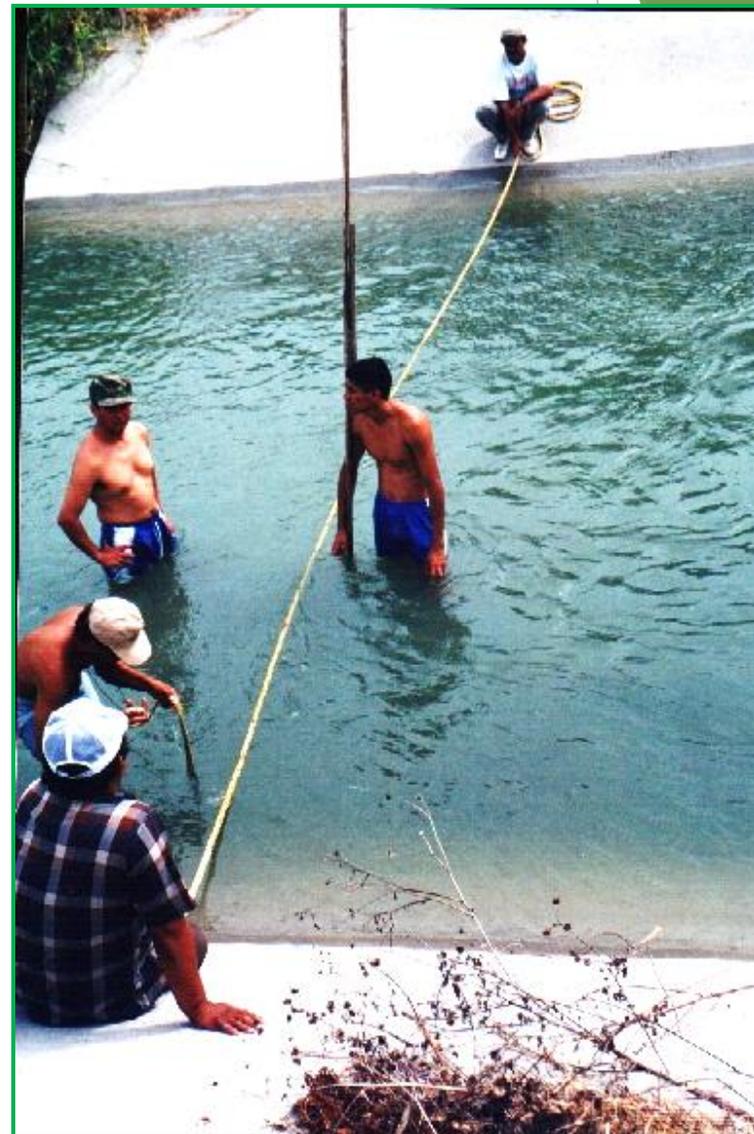


- 3) Posteriormente se calculó la profundidad media (\bar{Y}) de cada franja, en función de la siguiente ecuación:

$$\bar{Y} = (A + 2B + C)/4$$

Donde:

A, B y C fueron las profundidades (tirantes) inicial, medio y final de cada franja, respectivamente,



- 4) Se midió la velocidad de la sección transversal utilizando un molinete Tipo Price.

Se utilizó el método de 6 décimos (6/10) de profundidad.

La velocidad se determinó en la profundidad media de cada franja, determinando en cada medición (molinete), el número de revoluciones por segundos.

Esta información sirvió para obtener la velocidad media en cada franja, mediante la utilización de la ecuación de calibración del molinete.

Metodología



$$V = 0.631 (N) + 0.02325$$

Donde:

V = Velocidad (m s^{-1})

N = Revoluciones por segundo



Metodología para la determinación de la Velocidad y Gasto de agua

5) Se calculó el área de la sección transversal de cada una de las mediciones realizadas en el canal experimental, el cual es un canal revestido. El Área de cada franja se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

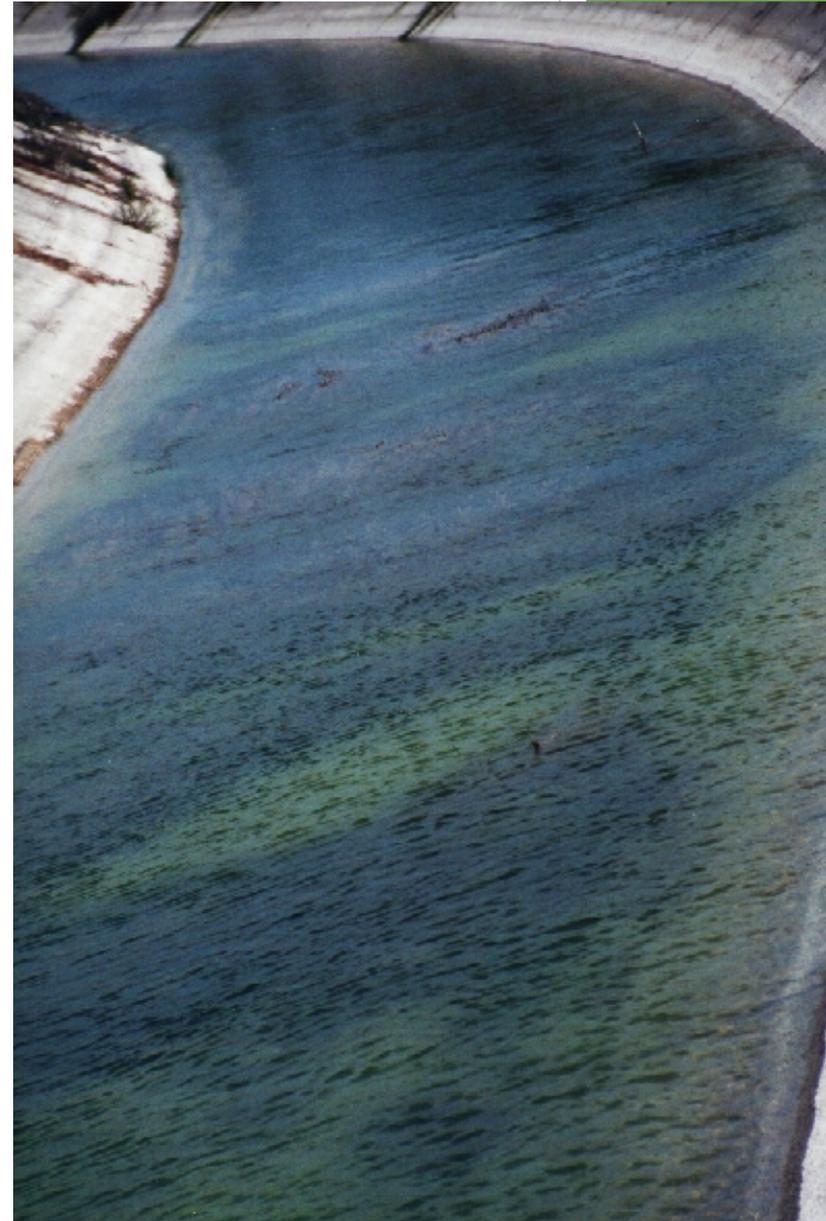
$$A_i = a Y$$

Donde:

A_i = Área de la franja (m^2)

a = Ancho de la franja (m)

Y = Profundidad



Metodología para la determinación de la Velocidad y Gasto de agua

6) Se determinaron los gastos por cada franja (q_i) multiplicando el área (A_i) por la velocidad (V_i) en cada una :

$$q_i = A_i V_i$$

7) El Gasto Total de la medición fue la sumatoria de los gastos parciales:

$$Q_T = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$



8) Se realizaron mediciones de las infestaciones de biomasa de maleza acuática en cada tramo del canal experimental donde se determinó la velocidad y el gasto.





- 9) La información de velocidad (V) y gasto (QT) de cada kilometraje del canal experimental, se correlacionó estadísticamente con la biomasa de maleza acuática, con la finalidad de determinar la influencia existente entre estas variables.

El modelo de Regresión Lineal Simple aplicado fue el siguiente:

$$Y_i = a + b X_i + e_i,$$
$$E(e_i^2) = s^2, \quad E(e_i e_{i'}) = 0, \quad i=i', \quad i, i'=1, 2, \dots, n$$

Donde :

Y_i = Velocidad Media ($m s^{-1}$) y Gasto Medio (Q_i) del Canal
 a, b = Parámetros de la ecuación
 X_i = Biomasa $kg m^{-2}$

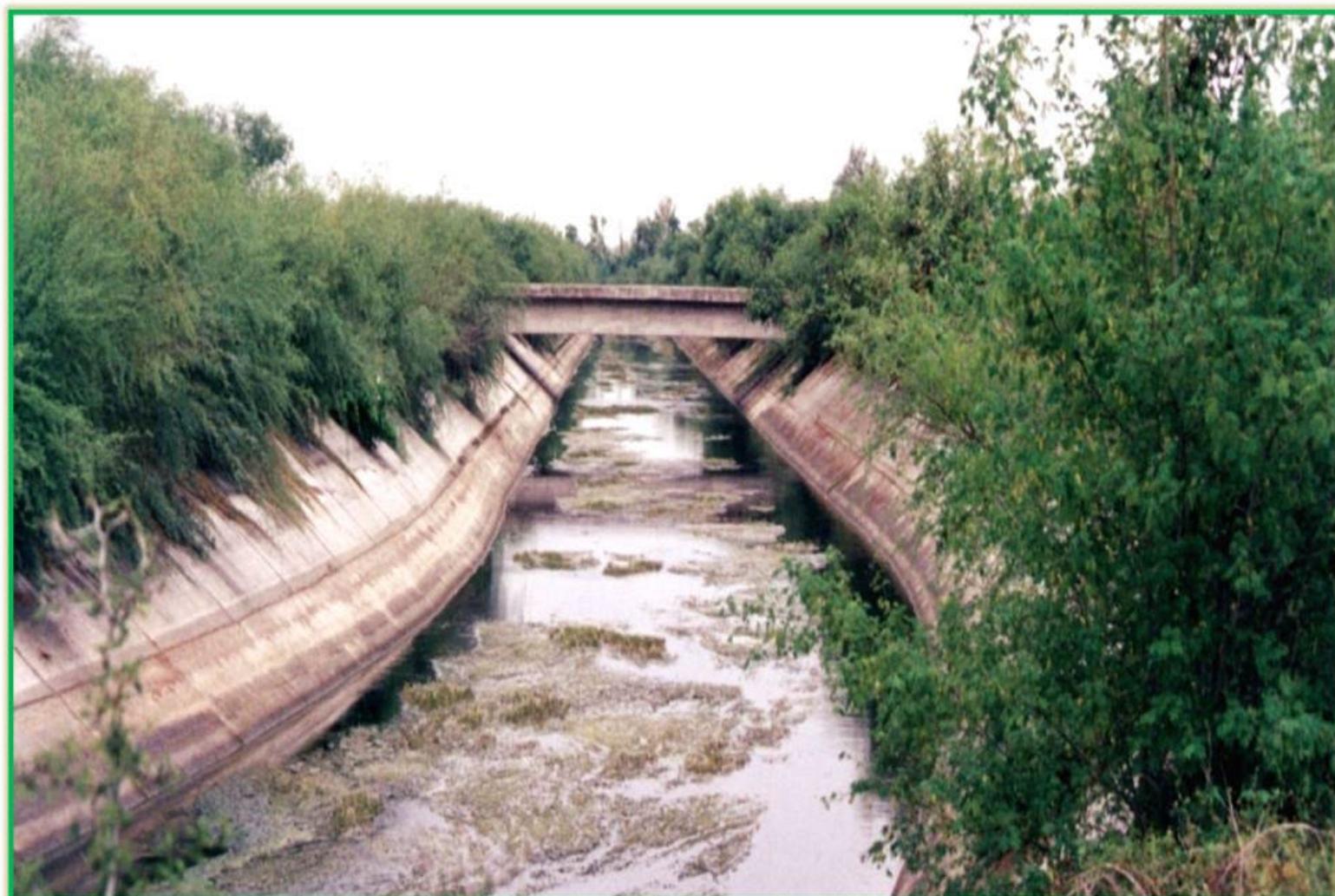
Realizar el perfil de velocidades de flujo de agua en función de diferentes grados de infestación de biomasa de maleza acuática



Perfil de velocidades de flujo de agua vs biomasa de maleza acuática

Canal Sublateral 2+142 del Canal Lateral 25+600 del DR-086 Soto la Marina.

Este canal presentaba altas infestaciones de maleza acuática, razón por la cual se seleccionó para efectuar mediciones al azar de las biomasa (Kg m^{-2}) existentes.

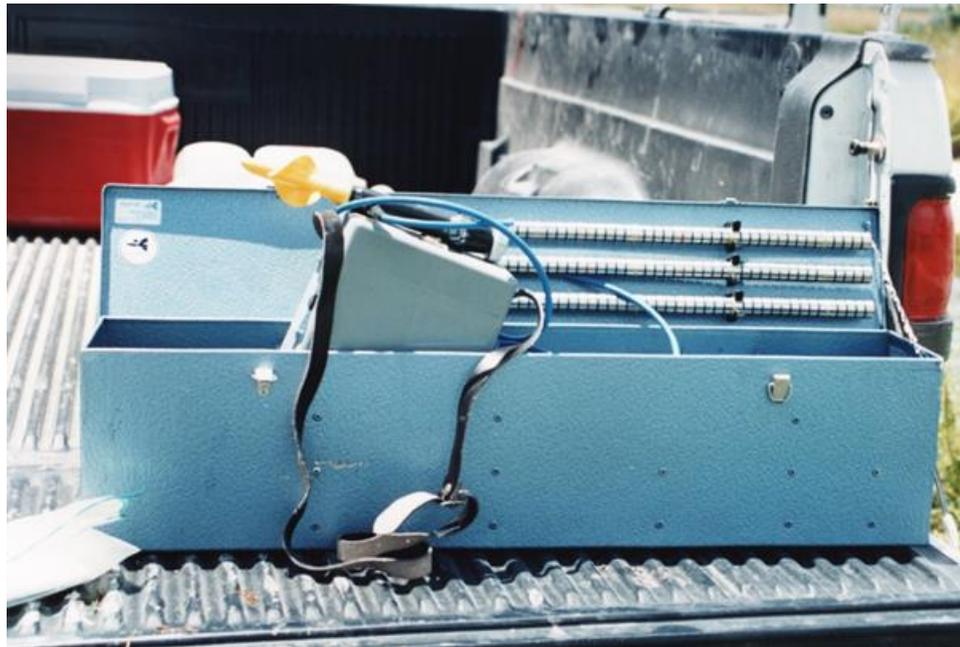




Perfil de velocidades de flujo de agua vs biomazas de maleza acuática

Canal Sublateral 2+142 del Canal Lateral 25+600 del DR-086 Soto la Marina.

Una vez que se tuvieron estas mediciones se procedió a tomar las lecturas de la velocidad del flujo de agua a diferentes estratos de 0 a 1.10 m (cada 10 cm de tirante de agua).



Molinete electrónico



Grados de infestación de Maleza Acuática

En el canal experimental Sublateral 2+140 del Lateral 25+600 del DR-086, se seleccionaron sitios con diferentes infestaciones de maleza acuática desde una biomasa mínima de 4 Kg m^{-2} , hasta una máxima de 11 Kg m^{-2} .

En total se muestrearon 8 diferentes grados de infestación (sitios).



Altura de los muestreos.

Estas se realizaron cada 10 cm (desde 10 a 110 cm), partiendo de la base del canal donde se tenía la mayor infestación comparada con la superficie. El tirante del canal osciló de 1.15 a 1.20 m.

Medición de las pulsaciones en 10 segundos.

En cada sitio se realizaron 3 mediciones de la velocidad de flujo de agua en diferentes puntos de las infestaciones. Lecturas directas del aparato muestreador de velocidad de flujo del agua (molinete).

Conversión de las mediciones. Las pulsaciones en 10 segundos se convirtieron a revoluciones por minuto (rpm).

Metodología



Estimación de la Velocidad ($m s^{-1}$).

Las rpm alimentaron la Ecuación de ajuste del aparato muestreador de velocidad :

$$V_i = 0.008 + 0.0112 (rpm)$$

Área del Canal Experimental.

Se calculó el área del canal experimental mediante la siguiente ecuación:

$$A_i = ((b+B)/2)d$$

Donde:

b Base menor = 1.50 m

B Base mayor = 2.4 m

d Tirante normal de agua d = 1.20 m

Metodología



Características

Base menor $b=1.50$

Base mayor $B = 2.4$ m

Tirante normal de agua $d=1.5$

$$A = (b + B)/2 * d$$

$$A = (1.5+2.4)/2 * 1.20$$

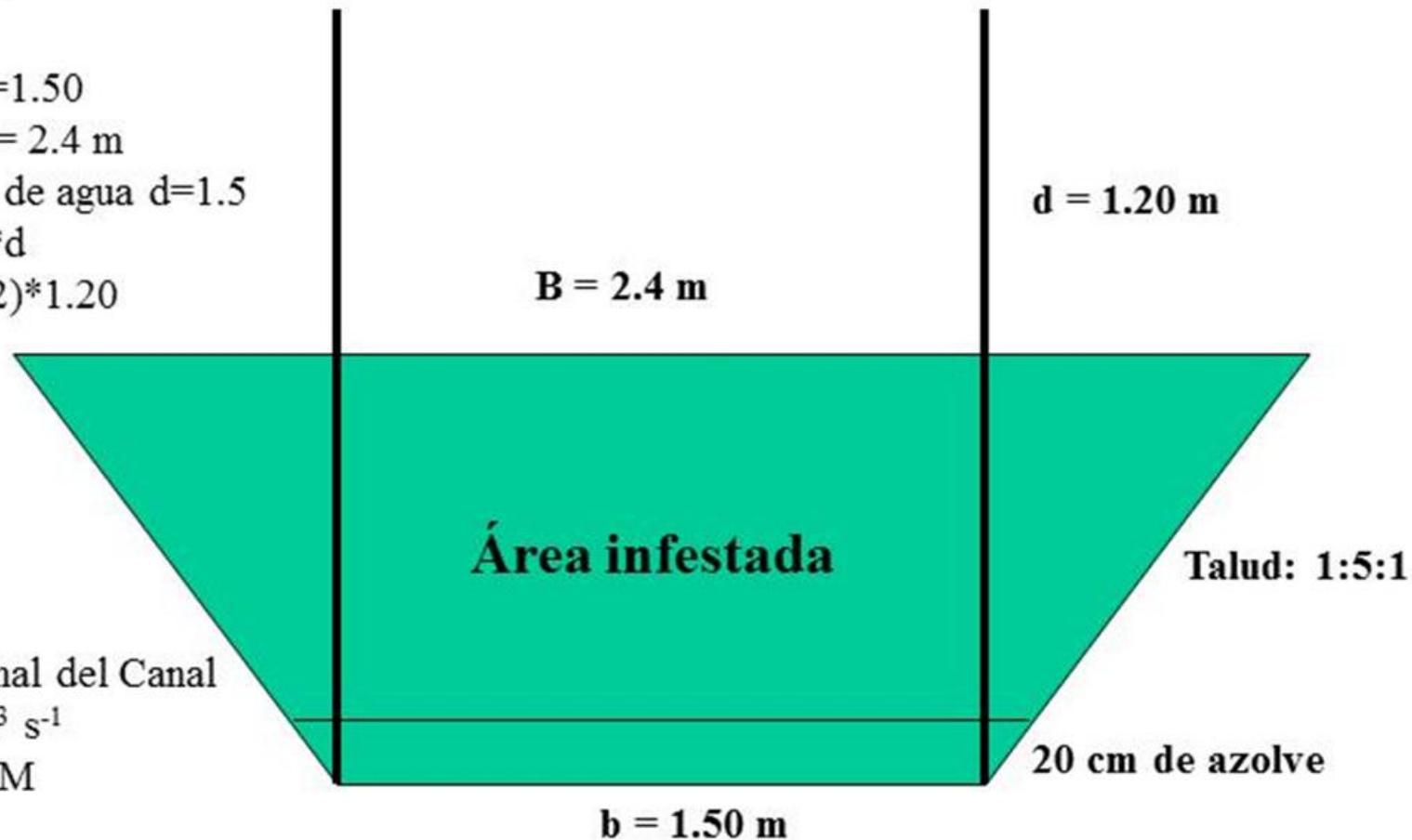
$$A = 2.34 \text{ m}^2$$

Gasto Normal del Canal

$$Q_n = 3.15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

DR-086 SLM

Canal Sublateral 2+142



Estimación del Gasto ($Q \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$).

Las estimaciones de la velocidad V_i se multiplicaron por el área A_i del canal experimental Ec. 7, quedando la siguiente expresión:

$$Q_i = V_i A_i$$

Gasto Actual (Q_{act}).

El Distrito de Riego reporta un Gasto actual (Q_{act}) de $3.15 \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$, para el Canal Experimental (Sublateral 2.142), esta información sirvió para realizar la comparación entre los valores de Gasto estimado (Q_{est}) y el gasto actual (Q_{act}) del mismo, y evaluar el porcentaje de la eficiencia de gasto con respecto a cada valor de biomasa existente en el canal.

Metodología



Modelo Estadístico

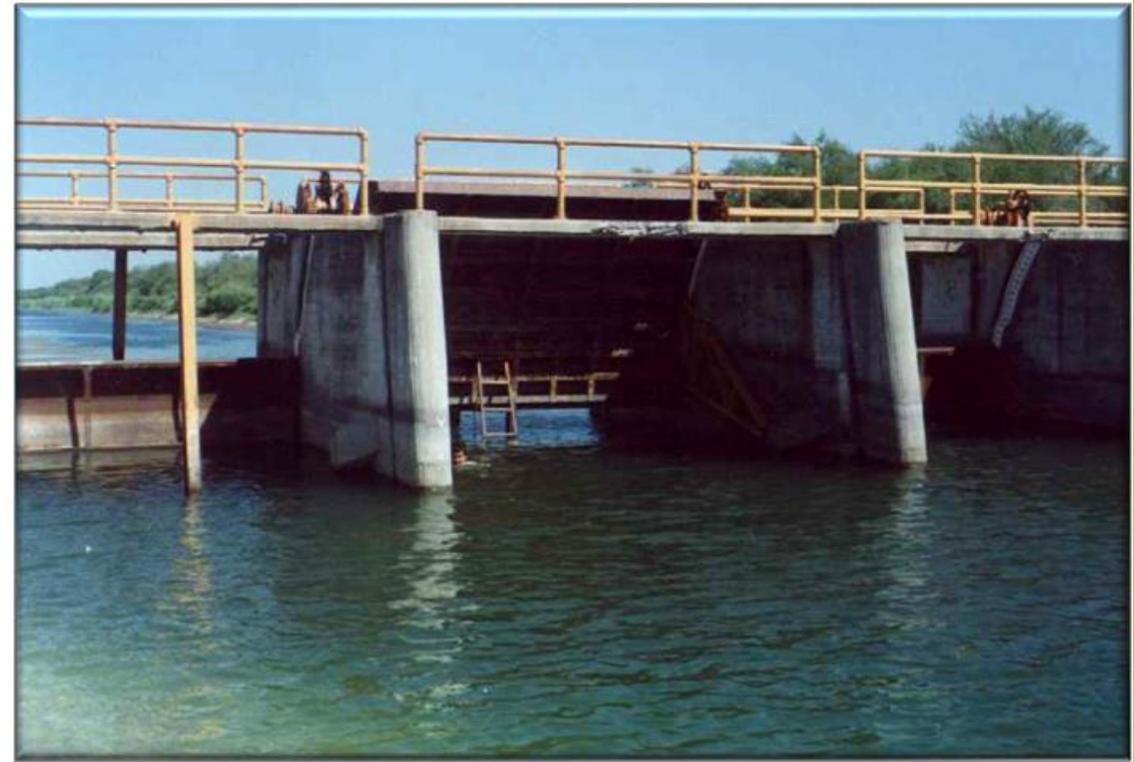
El modelo de Regresión Lineal aplicado fue el siguiente:

$$Y_i = a + b X_i + e_i,$$

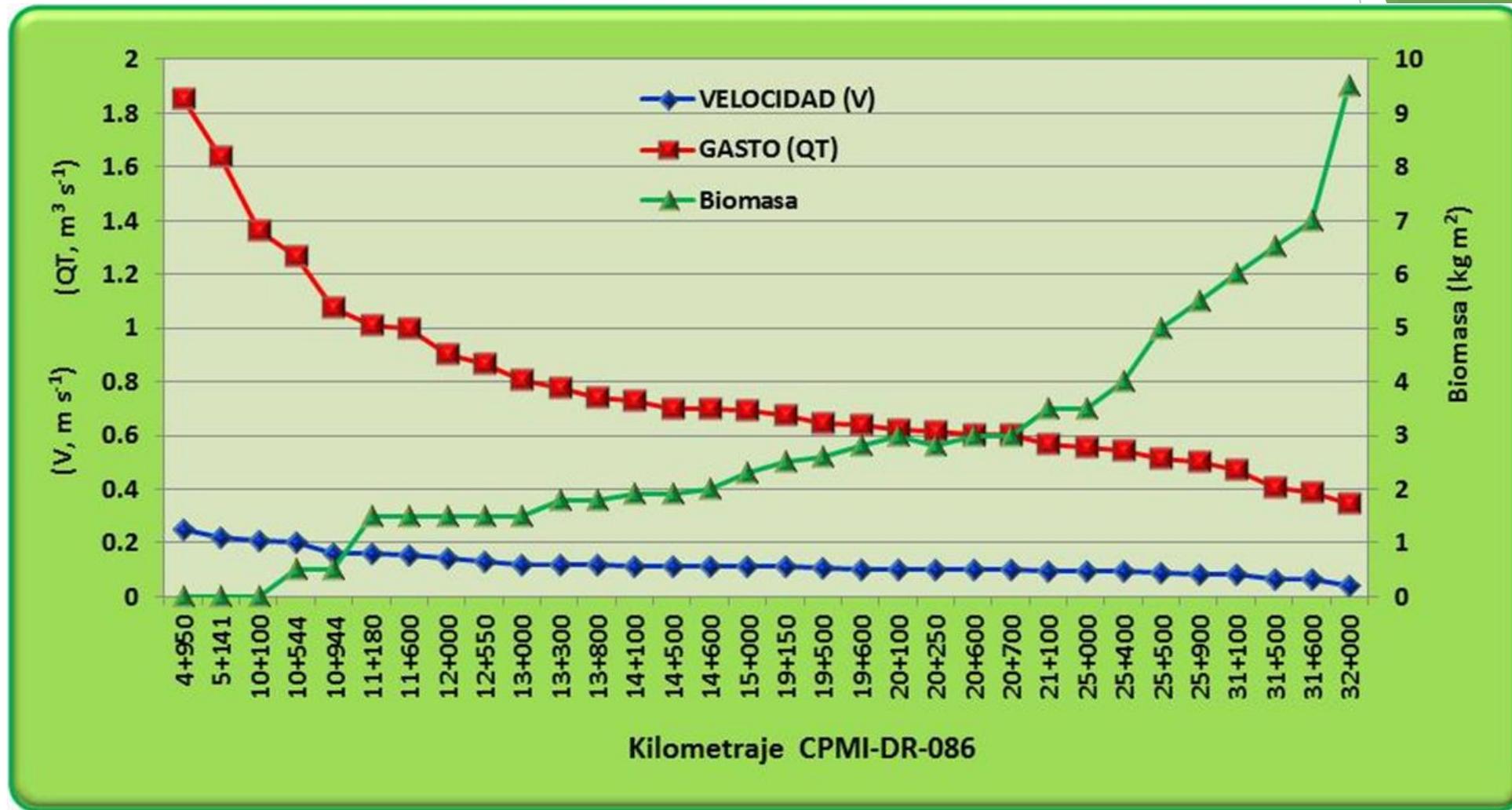
$$E(e_i^2) = s^2, \quad E(e_i e_{i'}) = 0, \quad i=i', \quad i, i'=1, 2, \dots, n$$

Donde :

Y_i	=	Velocidad Media ($m s^{-1}$) y Gasto Medio (Q_i) del Canal
a, b	=	Parámetros de la ecuación
X_i	=	Biomasa $kg m^{-2}$

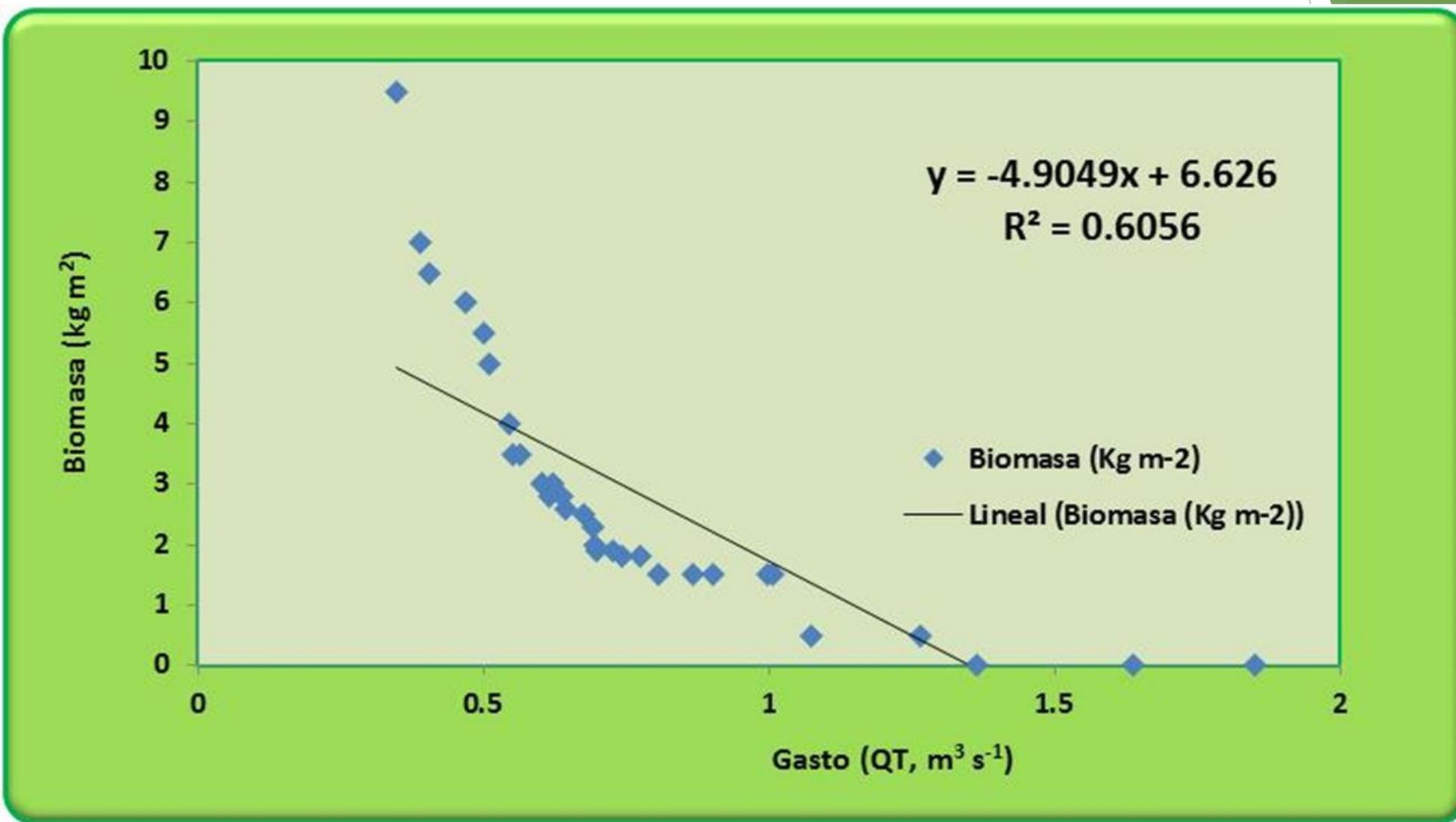


velocidad y gasto de agua vs biomasa de maleza acuática



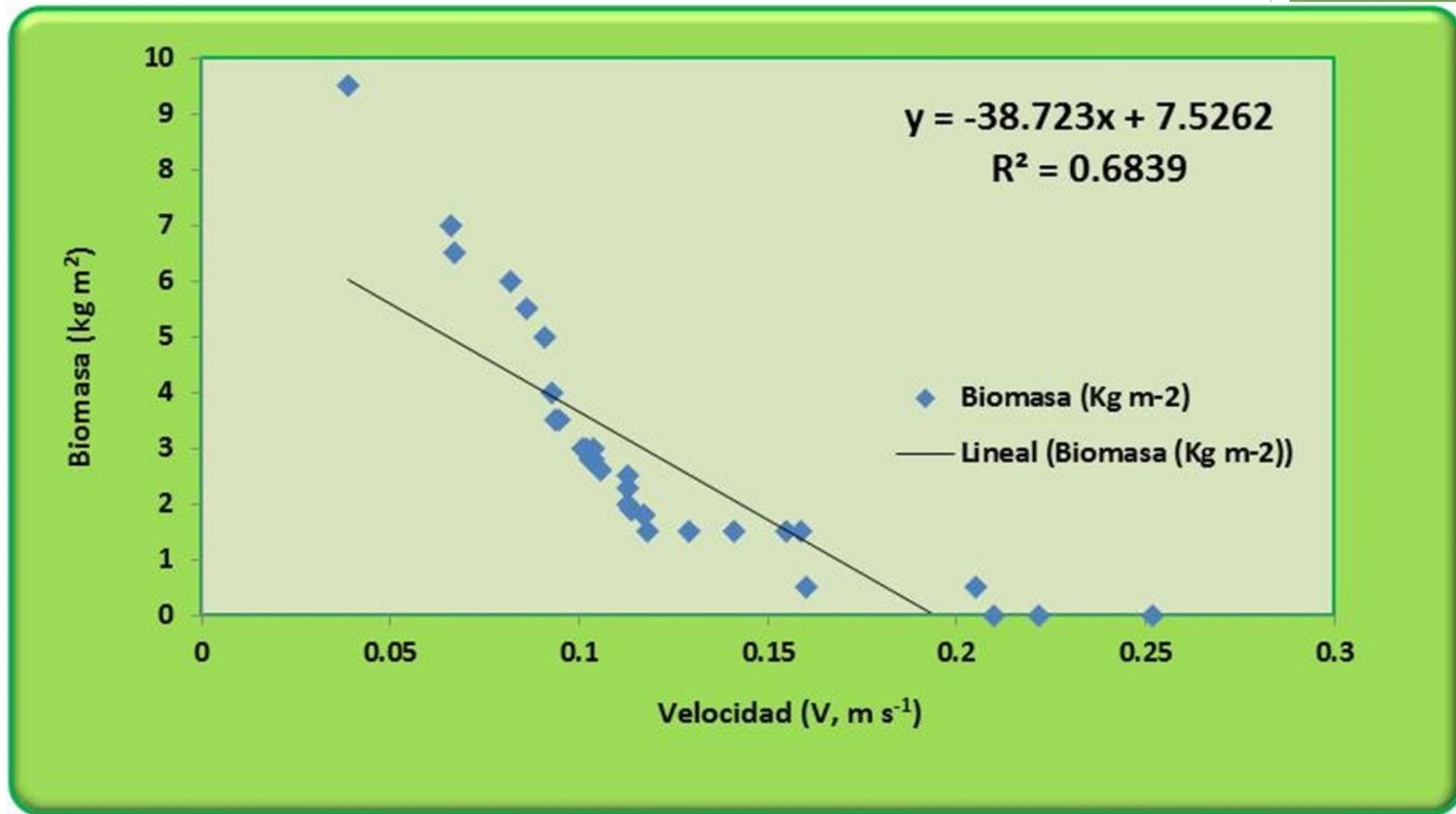


Modelo estadístico gasto de agua vs biomasa de maleza acuática



Resultados

Modelo estadístico velocidad de agua vs biomasa de maleza acuática





Perfil de velocidades de flujo de agua en función de diferentes biomazas de maleza acuática

La Velocidad Media del Canal con una infestación de 11 kg m^{-2} de maleza acuática, fue de 0.814 m s^{-1} y un gasto promedio de $2.052 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, lo que corresponde a tener una eficiencia del 65.15 %, con respecto al gasto en condiciones libres de infestación de $3.15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Parámetros estimados para la determinación de la Velocidad de agua y gasto del Canal Sublateral 2+142 con una infestación de maleza acuática de 11 Kg m^{-2} .

Prof. (cm)	Pulsaciones 10 s^{-1}	RPM	Velocidad m s^{-1}	Gasto ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Dif. Gact-Gest
10	0	0.0	0.008	0.020	-3.130
20	4	24.0	0.277	0.698	-2.452
30	5	30.0	0.344	0.867	-2.283
40	7	42.0	0.478	1.206	-1.944
50	9	54.0	0.613	1.544	-1.606
60	12	72.0	0.814	2.052	-1.098
70	15	90.0	1.016	2.560	-0.590
80	17	102.0	1.150	2.899	-0.251
90	19	114.0	1.285	3.238	0.088
100	21	126.0	1.419	3.576	0.426
110	23	138.0	1.554	3.915	0.765
	Media	72.000	0.814	2.052	-1.098

Resultados

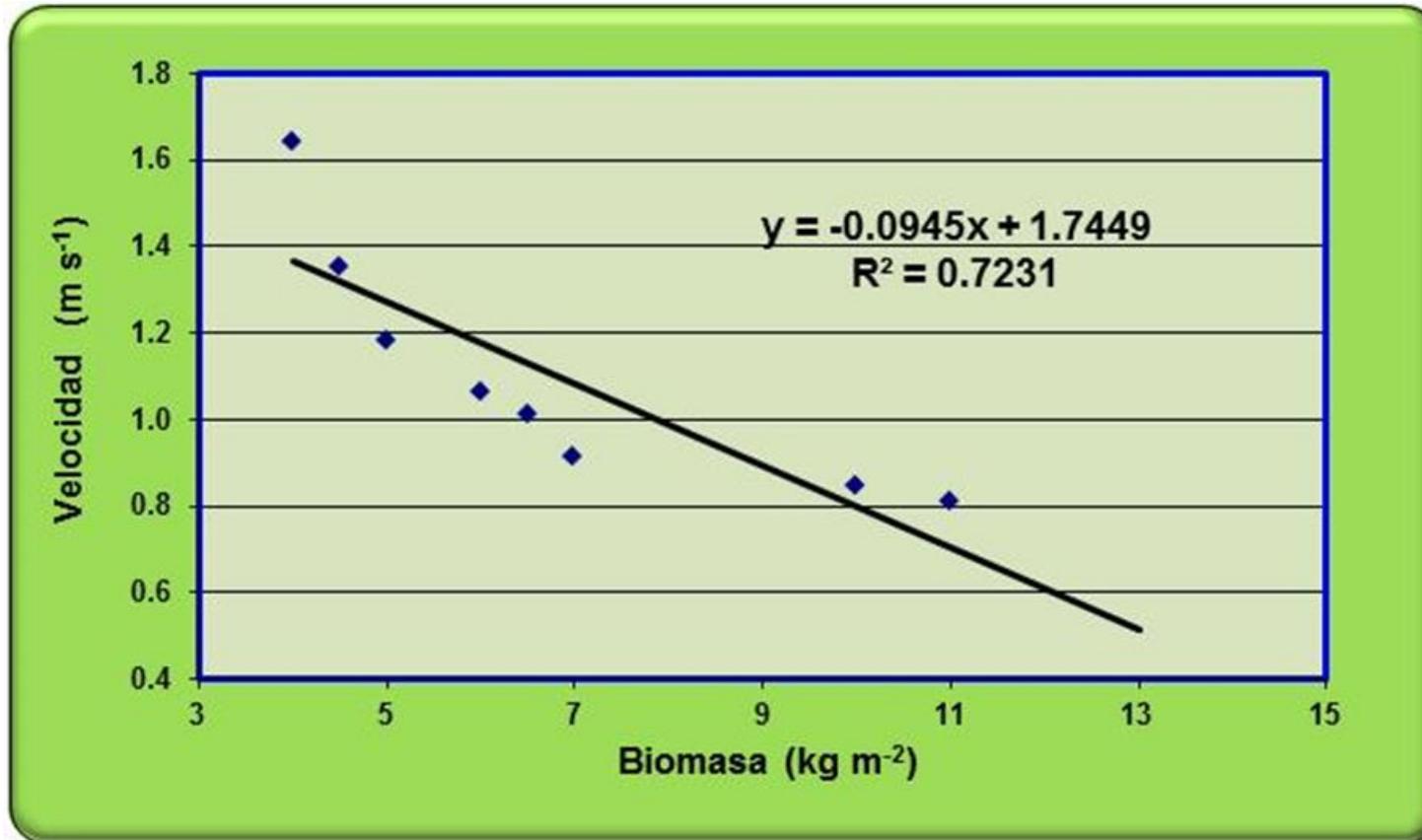


Valores promedio de la velocidad y gasto del canal experimental 2+142 con diferentes infestaciones de maleza acuática.

Biomasa (Kg m ⁻²)	Velocidad m s ⁻¹	Gasto (m ³ s ⁻¹)	Gasto _{Est} - Gasto _{Act}	% del Gasto Normal
11.0	0.814	2.052	1.0977	34.8
10.0	0.851	2.145	1.0053	31.9
7.0	0.918	2.314	0.8360	26.5
6.5	1.016	2.560	0.5897	18.7
6.0	1.065	2.683	0.4665	14.8
5.0	1.187	2.991	0.1586	5.0
4.5	1.358	3.422	0.2724	8.6
4.0	1.645	4.146	0.9960	31.6

Es evidente que en las mayores infestaciones la velocidad disminuye considerablemente, por ejemplo con las biomásas de 11.0, 10.0 y 7.0 se tienen las más bajas velocidades de flujo de agua (0.814, 0.851 y 0.918 m s⁻¹) y por ende los menores gastos (2.052, 2.141 y 2.314 m³ s⁻¹).

Se puede indicar que el 72.31 % de la variación entre la velocidad de flujo de agua (Y) y la biomasa de maleza acuática (X), puede ser explicada por la ecuación que se presenta en la Figura.



Para saber en qué punto de biomasa de maleza acuática, la velocidad de flujo de agua se convierte en cero se tiene que:

$$Y = 1.745 - 0.0945 * X,$$
$$Y = 0$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$(-0.0945X) = -1.745$$
$$X = 1.745 / 0.0945$$
$$X = 18.5 \text{ kg m}^{-2}$$

Esto significa que a una biomasa de 18.5 kg m⁻² no se tendría movimiento de agua en el canal.

Resultados





Información de Contacto



Email: vvargas@uat.edu.mx;
vvargas@uat.edu.mx
Teléfono: 8342553073



Preguntas y Respuestas