

Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA

<i>Título</i>	Control biológico de la Hydrilla por el pez Amur.
<i>Autor / Adscripción</i>	Guillermo Díaz Zavaleta Victor Olvera Viascán Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<i>Publicación</i>	Ingeniería Hidráulica en México, (3): 40-46
<i>Fecha de publicación</i>	1986
<i>Resumen</i>	Esta investigación trata acerca del control biológico de la maleza acuática Hydrilla verticillata Royle por medio del pez Amur en la presa Rodrigo Gómez del estado de Nuevo León. Se señalan las características tanto de la Hydrilla y del pez Amur como de la presa. Para prever posibles cambios en el ecosistema y asegurar la adaptación del pez a un nuevo medio, se efectuaron estudios físicos, químicos y bacteriológicos en la presa, además de que se analizó el contenido estomacal de peces que habitan en ella.
<i>Identificador</i>	<a href="http://hdl.handle.net/123456789/1197">http://hdl.handle.net/123456789/1197</a>

# Control biológico de la *Hydrilla* por el pez Amur

Guillermo Díaz Zavaleta  
Víctor Olvera Viascán

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, SARH

*Esta investigación trata acerca del control biológico de la maleza acuática Hydrilla verticillata Royle por medio del pez Amur en la presa Rodrigo Gómez del estado de Nuevo León. Se señalan las características tanto de la Hydrilla y del pez Amur como de la presa. Para prever posibles cambios en el ecosistema y asegurar la adaptación del pez a un nuevo medio, se efectuaron estudios físicos, químicos y bacteriológicos en la presa, además de que se analizó el contenido estomacal de peces que habitan en ella. Para calcular el número de especímenes por introducir en la presa con fines de control, se elaboró un modelo matemático basado en los resultados de las determinaciones realizadas con respecto a la cobertura, biomasa y tasa de crecimiento de la Hydrilla, y con relación al crecimiento y consumo de ésta por el pez Amur. Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que el control de la maleza es factible: con 5 000 peces por hectárea, en 10 meses se controla un volumen de Hydrilla de 1 870 toneladas.*

La maleza acuática *Hydrilla verticillata* Royle, (véase ilustración 1), detectada por primera vez en la presa Rodrigo Gómez en 1971, interfirió años después en la operación de este embalse, cuya función principal es abastecer de agua potable a la ciudad de Monterrey. En 1977 se iniciaron los trámites administrativos y logísticos para el control biológico de la *Hydrilla*, después de descartar los métodos mecánicos y químicos por resultar incosteables y porque implicaban contaminar el agua.

El agente de control biológico elegido fue la carpa herbívora o pez Amur (*Ctenopharyngodon idella* Val), por sus características fisiológicas y por los resultados de investigaciones previas sobre su uso como agente biocontrolador de malezas acuáticas.

En este estudio se presentan algunos datos sobre la *Hydrilla* y el pez Amur; se caracteriza física, química y biológicamente a la presa; se establecen niveles tróficos para los organismos que la habitan, y se determina la tasa de crecimiento de la *Hydrilla* y su biomasa en la presa. Así mismo, se calcula la tasa de consumo de *Hydrilla* por el pez Amur, en función de su peso, longitud y edad, y se presenta un modelo matemático que considera

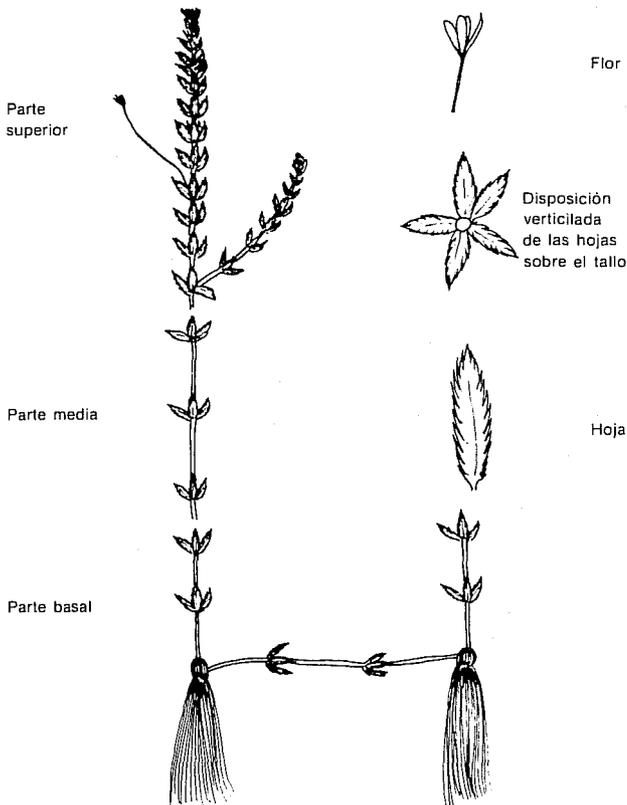
dichas variables, para determinar el número de peces por introducir en la presa con objeto de controlar una biomasa original de maleza en un lapso específico.

Cabe señalar que a la fecha se han efectuado pocos intentos en México para controlar biológicamente malezas acuáticas. Este estudio es el primero de su índole y magnitud realizado en nuestro país, por lo que, además, se pretende que sirva como plan piloto para proyectos de control biológico de este tipo de malezas.

## Antecedentes

La presa Rodrigo Gómez, denominada también "La Boca" (véase ilustración 2) se localiza en el municipio de Villa de Santiago, en el estado de Nuevo León, 33 km al sureste de Monterrey; se encuentra a 25°25'37" latitud norte, a 100°8'43" longitud oeste y a una altitud de 448 metros sobre el nivel del mar. Sus características morfológicas son las siguientes: volumen,  $42.4 \times 10^6$  m<sup>3</sup>; área, 474.53 ha; largo máximo, 5.5 km; ancho máximo, 2 km; profundidad media, 14 m, y profundidad máxima, 30 m (SARH, 1966).

1. *Hydrilla verticillata*



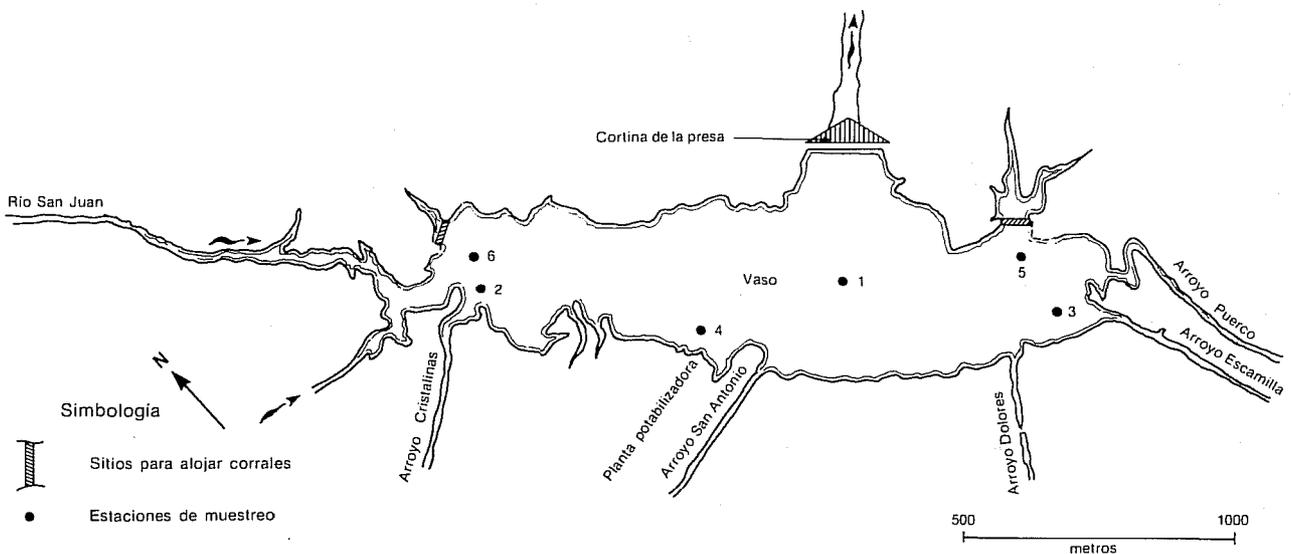
miento y, sobre todo, disminuye la vida útil del embalse. Esta planta acuática, originaria de Africa Central (Haller, 1976), fue introducida a los Estados Unidos de América en 1960 con fines ornamentales y se dispersó desde Florida a los embalses del noroeste de nuestro país, como las presas Rodrigo Gómez, en Nuevo León, y Vicente Guerrero y Falcón, en Tamaulipas. Pertenece a la familia *Hydrocharitaceae*; es vascular, monocotiledónea, dioica, sumérgica y enraizada; tiene tallo largo, flexible y ramificado, con grupos de cuatro a ocho hojas de 2 mm de ancho y 13 mm de largo, dispuestas en espiral; la distancia internodal varía de acuerdo con la luz y el agua; se reproduce asexualmente por fragmentos apicales o de tejidos, así como por turiones o yemas de invierno, tubérculos, estolones o rizomas, de ahí su enorme capacidad de propagación. Los tubérculos son la forma más resistente a factores ambientales y de control, ya que pueden permanecer con vida latente por periodos de 10 años, aproximadamente (Nall y Schardt, 1978). Se ha intentado controlar esta maleza por diferentes métodos: el biológico, con el pez Amur (*Miscellaneous Papers*, 1977) y con insectos (Perberton, 1980); el mecánico y el químico.

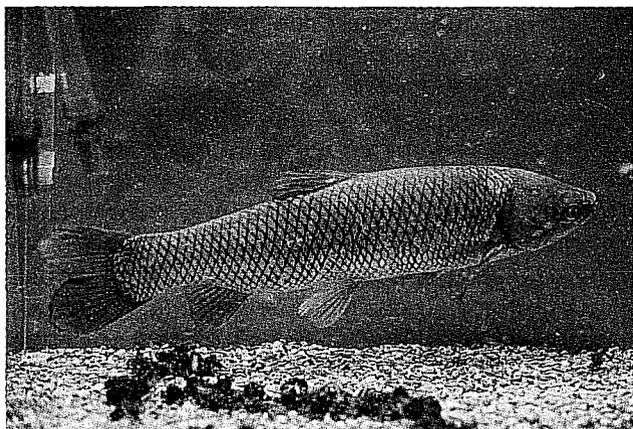
**Pez Amur**

La presencia de la *Hydrilla verticillata* en la presa origina el incremento de sólidos, obstaculiza la toma de agua debido a su crecimiento marginal, limita, e inclusive, impide la navegación, ocupa un volumen de agua aprovechable para almacena-

El pez Amur, conocido también como carpa herbívora, es nativo del río Amur, que separa a la Unión Soviética de China; ha sido utilizado con éxito como controlador de malezas acuáticas en algunos lugares (Avault, 1965), donde se ha ob-

2. Localización de corrales y estaciones de muestreo





Pez Amur

servado que puede modificar las poblaciones de peces nativos y de plancton, así como algunos parámetros físicos y químicos, por lo que deben realizarse estudios previos para conocer sus posibilidades de aceptación en los ecosistemas y los efectos que puede tener en ellos (Provine, 1975).

Las características biológicas y taxonómicas de este pez, así como los aspectos referentes a su origen, distribución, biología, límites ambientales, alimentación, crecimiento, madurez sexual, reproducción, ecología, etc., pueden consultarse en los textos 1 y 10 de las referencias que se incluyen al final de este estudio.

### Metodología

Se establecieron seis estaciones de muestreo en la presa, distribuidas estratégicamente, para estudiar la calidad del agua, su comportamiento y características biológicas (véase ilustración 2). De 1978 a 1980, se efectuaron muestreos fisicoquímicos en forma bimestral en las seis estaciones, que consistieron en la obtención de muestras de agua con una botella Van-dorn, a tres profundidades. En el campo se determinó la transparencia del agua por medio del disco Sechhi, así como su temperatura y la del ambiente. Los muestreos bacteriológicos se llevaron a cabo durante el verano de 1980; como resultado, se detectaron coliformes totales y fecales, así como estreptococos fecales. Con respecto al plancton, cada dos meses se realizaron pruebas en las seis estaciones, con un muestreador Clarke-Bumpus y una malla de 76 micras.

Se efectuaron capturas en forma bimestral para identificar, medir y pesar a los peces de la presa; así mismo, se extrajo por disección el contenido estomacal de los especímenes capturados para analizarlo con microscopio. Las capturas se hicieron indistintamente en el día y en la noche.

Para determinar la tasa de crecimiento de la *Hydrilla* en la presa, se utilizaron transectos rectangulares de  $6 \times 1$  m dispuestos paralelamente a 3 m de la orilla de la presa y se extrajeron lotes de  $1 \text{ m}^2$  de maleza, la cual se lavaba y pesaba, con el fin de registrar los cambios en biomasa por metro cuadrado a lo largo del año.

Las estimaciones de cobertura para 1978 y los años precedentes se hicieron de manera visual; en los años siguientes se determinaron áreas de densidad semejante por métodos gravimétricos (1980) y planimétricos (1981). En 1982 se estimó el área probable de infestación por maleza acuática dentro de las cotas 87-82.5 mediante métodos gráficos, de campo y de mapa.

Con objeto de medir el consumo de *Hydrilla* y la tasa de crecimiento del pez Amur, se construyó un estanque semirrústico en la ribera del río San Juan, con un área de  $80 \text{ m}^2$ . Para efectuar las pruebas correspondientes, que se realizaron a partir de julio de 1981, se seleccionó una muestra de 200 peces de un año de edad, con talla de  $27.2 \pm 1$  cm y peso de  $199 \pm 24$  g, de la piscifactoría de Tezontepec de Aldama, Hgo. Diariamente se sacó *Hydrilla* de la presa, se dejó escurrir, se pesó y se arrojó al estanque; después de 24 horas se sacaron las plantas que no fueron consumidas y se pesaron. De esta forma se calculó el volumen de maleza consumido por los peces en un periodo determinado. Su talla y peso se midieron cada dos meses.

### Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos

Térmicamente, el embalse se encuentra estratificado la mayor parte del año y presenta una circulación en invierno, por lo cual se clasifica como lago monomíctico subtropical. El resto de los parámetros determinados, así como sus rangos y valores promedio, se muestran en el cuadro 1.

Los análisis bacteriológicos revelaron que los coliformes fecales y totales variaron de 350 a 240 000 (número más probable, NMP, en 100 ml); los valores más altos se presentaron en las estaciones 3, 4 y 5 al principio de la temporada de lluvias. Los estreptococos variaron de 8 a 2 300; los valores mayores correspondieron a las estaciones 3 y 5. El cociente CF/EF indica una contaminación de origen netamente humano.

*Plancton.* El fitoplancton de la presa Rodrigo Gómez está constituido por 33 géneros pertenecientes a tres divisiones, con un dominio por *Cyanophyta* en verano y otoño, de *Chrysophyta* en

1. Características fisicoquímicas de la presa  
Rodrigo Gómez, N.L.

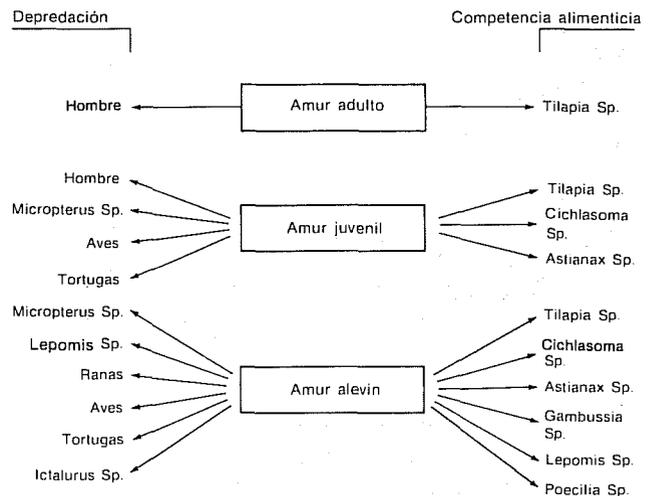
Parámetro	Mínimo - Máximo	Media
Temperatura ambiente, °C	15 - 30	26.5
Temperatura agua, °C	11 - 31	22.0 ± 5.0
Transparencia, m	0.70 - 3.5	2.1
Oxígeno disuelto (OD), mg/l	0.0 - 13.0	5.2 ± 2.7
Potencial de hidrógeno (pH)	6.5 - 8.8	7.9 ± 0.3
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mg/l	0.10 - 12.69	1.5
Demanda química de oxígeno (DQO), mg/l	3.0 - 89.1	14.1 ± 2.7
Nitrógeno de nitritos N-(NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup> , mg/l	< 0.001 - 0.083	0.011 ± 0.00
Nitrógeno de nitratos N-(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> , mg/l	< 0.10 - 0.96	0.35 ± 18
Fósforo inorgánico total P-(PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup> -tot., mg/l	< 0.010 - 0.180	0.064 ± 0.01
Ortofosfatos P-(PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup> -orto., mg/l	0.01 - 0.01	0.01
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> , mg/l	33.8 - 113.3	55.4 ± 8.4
Turbiedad, mg/l SO <sub>2</sub>	1.0 - 20.0	5.5 ± 2.3
Conductividad, mhos/cm	346 - 482	386.3 ± 25.9
Cloruros, mg/l	8.37 - 23.83	13.99 ± 2.44
Alcalinidad, mg/l	2.32 - 203.80	152.14 ± 26.45
Dureza, mg/l	144.0 - 305.5	185 ± 34.6
Sólidos totales, mg/l	100 - 424	266.4 ± 46.79

primavera y de *Chlorophyta* en invierno. En orden de importancia, los géneros dominantes fueron los siguientes: *Anabaena*, *Cyclotella*, *Volvox*, *Anacystis*, *Microcystis*, *Mougeotia* y *Melosira*. Por otro lado, el zooplancton del embalse se integra por 11 grupos y 13 géneros. Los grupos más abundantes fueron siete: copépodos, cladóceros, nauplios, dinoflagelados, ciliados, rotíferos y ostrácodos, mientras que los dos géneros más abundantes a lo largo del año fueron el copépodo *Calanoides sp* y el dinoflagelado *Ceratium sp*.

**Contenido estomacal de peces.** Con base en el análisis del contenido estomacal de 10 especies de peces capturadas en la presa y en un estudio de los organismos de las zonas litoral y limnética de ésta (en el que se encontraron 10 especies de macrofitas, 7 órdenes de insectos, 4 géneros de gasterópodos, ranas y tortugas omnívoras y carnívoras), se elaboró la ilustración 3, en la cual se observan las principales interrelaciones a nivel trófico que el pez Amur tendría en este ecosistema.

**Tasa de crecimiento de la Hydrilla.** La densidad máxima promedio de *Hydrilla* en la presa, que fue de 5.9 kg/m<sup>2</sup>, se presentó al inicio del verano y estuvo precedida por un incremento de 23 g/m<sup>2</sup>/día desde abril; posteriormente, descendió en forma acelerada a lo largo del verano, para alcanzar 1.45 kg/m<sup>2</sup>, punto en el que reinició su crecimiento a una velocidad de 19.3 g/m<sup>2</sup>/día. Justamente en el verano de 1981, el nivel de agua en la presa bajó 4 m, para llegar a 4.6 m en el año siguiente.

3. Interrelaciones tróficas del pez Amur



Con los datos obtenidos, el crecimiento de la *Hydrilla* se ajustó al modelo logístico de crecimiento poblacional, cuya ecuación es la siguiente:

$$N = \frac{k}{1 + e^{(c - r t_2)}} \quad (1)$$

En esta ecuación, *N* es la densidad de maleza en kg/m<sup>2</sup>, *k* corresponde a la densidad máxima posible en kg/m<sup>2</sup>, *c* representa la constante de integración, *r* equivale al índice de crecimiento específico y *t*<sub>2</sub> al tiempo transcurrido en meses.

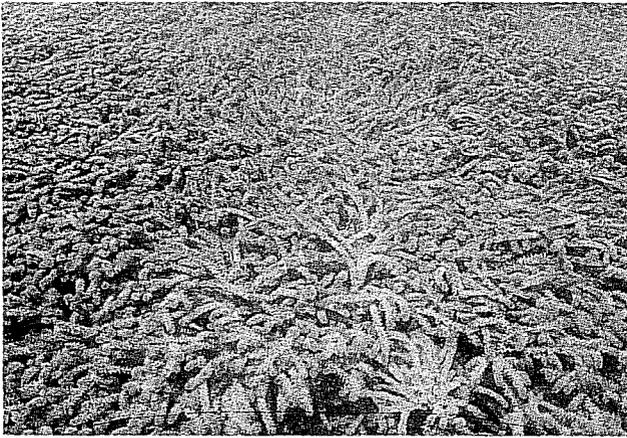
La ecuación que describe el crecimiento de la *Hydrilla verticillata* en la presa Rodrigo Gómez para 1980 es la que se muestra en seguida:

$$N = \frac{5.9}{1 + e^{\{1.1213 - (0.4624 t_2)\}}} \quad (2)$$

**Cobertura y biomasa de Hydrilla.** Se observó que la maleza presenta densidades promedio proporcionales a la profundidad: de 0-4 kg/m<sup>2</sup> a 0-1 m y 6-7 m (baja), de 4-8 kg/m<sup>2</sup> a 1-4 m (media), de 8-12 kg/m<sup>2</sup> a 4-5 m (alta) y de 12 kg/m<sup>2</sup> a 5-6 m (muy alta).

La cobertura de la *Hydrilla* fue estimada en 15% para 1975 y en 7.3% para 1981, con una biomasa de 4 081.8 ton; la máxima cobertura alcanzada por esta planta fue de 50% y se registró en 1978.

Debido a las constantes fluctuaciones en el nivel de agua de la presa (en general, tendientes al descenso) por causas naturales, se realizó la me-



Infestación de *Hydrilla*

dición en el campo (en una gráfica y en un mapa) del área que quedó al descubierto por la disminución del agua, y que es la comprendida entre la cota 87 y la 82.5 (área real de infestación, ya que al bajar el nivel del agua hasta 82.5 ha dejado prácticamente sin *Hydrilla* este embalse); como resultado, se determinó que comprendía 129.1 hectáreas.

*Consumo de Hydrilla y tasa de crecimiento del pez Amur.* Las mediciones efectuadas correspondieron al consumo mensual global de *Hydrilla*, al promedio diario de consumo y al promedio mensual de consumo por pez. También se midieron la talla y el peso de los peces, de donde se dedujo que, a lo largo del periodo que abarcó el experimento (14.7 meses), la carpa herbívora aumentó 655.5 g; su tasa mínima de crecimiento se registró en el invierno y fue de 0.04 g/día, mientras que la máxima fue de 5.36 g/día y se presentó en el verano. Con los datos de consumo y crecimiento, ajustados a una línea recta, se obtuvo la ecuación correspondiente a la cantidad de maleza consumida por el pez en función de su peso:

$$C = y + mp \quad (3)$$

En ella,  $C$  representa la maleza consumida en kilogramos,  $p$  es el peso del pez en kilogramos, y corresponde a la ordenada al origen en kilogramos y  $m$  a la pendiente (velocidad de consumo).

Sustituyendo las constantes que resultaron del experimento:

$$C = -1.7686 + 22.1817 p \quad (4)$$

La variable  $p$  (peso del pez) puede obtenerse por medio de la relación peso-longitud, cuya ecuación es la siguiente:

$$p = a L^b \quad (5)$$

En esta ecuación,  $p$  es el peso del pez en gramos,  $L$  corresponde a la talla o longitud del pez en milímetros,  $a$  es el antilogaritmo de la ordenada al origen en  $g$  y  $b$  es el coeficiente de regresión o pendiente en  $g/mm$ . Luego de obtener las constantes de la ecuación anterior, se sustituye:

$$p = 3.26 \times 10^{-6} L^{3.2205} \quad (6)$$

Finalmente, queda por resolver la incógnita  $L$  o longitud del pez, la cual puede ser expresada en función de la edad de éste.

El modelo matemático que relaciona la longitud del pez en función de su edad fue propuesto por Von Bertalanffy en 1938 (Everhart, 1981), y es el siguiente:

$$L_t = L_\infty \left\{ 1 - e^{-k(t_1 - t_0)} \right\} \quad (7)$$

En esta ecuación,  $L_t$  representa la longitud del pez en milímetros a una edad  $t$ ;  $L_\infty$  es la asíntota matemática de la curva (referida como talla máxima) en milímetros;  $k$  corresponde a la pendiente de la recta, al graficar  $\ln(L_\infty - L_t)$  contra  $t$ ;  $t_1$  es la edad del pez en meses, y  $t_0$  es la edad escalar (hipotética) en talla cero.

Con la obtención de las tres constantes requeridas para la solución de esta expresión ( $L_\infty$ ,  $k$  y  $t_0$ ), la ecuación que describe el crecimiento del pez Amur, mediante la relación entre su longitud y su edad, es la siguiente:

$$L_t = 541 \left\{ 1 - e^{-0.054(t_1 - 0.25)} \right\} \quad (8)$$

El valor de  $t_1$  será igual a la edad del pez en el momento de su introducción al embalse.

*Modelo matemático.* El modelo matemático que se presenta a continuación se fundamenta en el crecimiento de la *Hydrilla verticillata* y en la capacidad de consumo de un cierto número de peces *Ctenopharyngodon idella* Vall, para lo cual se obtiene la diferencia de las ecuaciones (1) y (3) y el modelo queda de la siguiente manera:

$$N = \frac{k}{1 + e^{(c-rt_2)}} - n(y + mp) \quad (9)$$

donde  $n$  es el número de peces por introducir en cada unidad de área en metros cuadrados.

Como se puede observar, todas las constantes tienen valores conocidos de acuerdo con lo mencionado, excepto la variable  $p$ ; por tanto, tomando las ecuaciones (9), (5) y (7), el modelo matemático que describe el proceso de control biológico es:

$$N = \frac{k}{1 + e^{(c - rt_2)}} - n \left[ y + m \left( a \left\{ L_{\infty} \left( 1 - e^{-K(t_2 - t_0)} \right) \right\}^b \right) \right] \quad (10)$$

Sustituyendo los valores obtenidos en (2), (4), (6) y (8), el modelo (10) queda como sigue:

$$N = \frac{5.9}{1 + e^{[1.1213 - (0.4624 t_2)]}} - n \left[ -1.7686 + 22.1817 \left( 3.26 \times 10^{-6} \left[ 541 \left\{ 1 - e^{-0.054(t_1 - 0.025)} \right\} \right]^{3.2205} \right) \right] \quad (11)$$

En la expresión anterior,  $N$  es la densidad de maleza remanente después de la acción del pez en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,  $t_2$  representa el tiempo transcurrido en meses y  $t_1$  es la edad del pez en meses al momento de introducirlo. Luego de resolver esta última ecuación, se efectuaron varias simulaciones con el modelo, para lo cual fueron asignados diferentes valores a  $t_1$  y  $n$ ; los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 2.

Al analizar este cuadro, puede deducirse que si se desea acabar con la maleza en un año deben introducirse 500 peces de 24 meses de edad por hectárea o elegir otra opción que sea conveniente.

## Discusión

El descenso de 4.6 m en el nivel máximo de la presa, el cual dejó al descubierto extensas áreas que representaban la superficie de invasión de la

## 2. Simulación del control biológico de *Hydrilla* por el pez Amur

Densidad No. de peces/ $\text{m}^2$ (peces ha)	Tiempo requerido por el pez Amur para reducir $1.87 \times 10^5$ kg. de <i>Hydrilla</i> a biomasa cero		
	Edad inicial 6 meses	Edad inicial 12 meses	Edad inicial 24 meses
1 (10 000)	7.5 meses	1 mes	5 días
0.5 ( 5 000)	10.5 meses	1.5 meses	10 días
0.1 ( 1 000)	1 año 1 mes	1 año	11 meses
0.05 ( 500)	2 años	1 año 1 mes	1 año
0.01 ( 100)	5 años	4 años	4 años
0.005 ( 50)	7 años	7 años	6 años

*Hydrilla* y, por ende, la muerte de ésta, podría poner en entredicho los trabajos que aquí se describen. Por tanto, la aplicación práctica en la presa de los resultados obtenidos no se hará de inmediato; sin embargo, sí se espera realizarla, pues se prevé que el nivel de agua se incrementará, lo mismo que la población de *Hydrilla*. Por lo demás, debe tenerse en cuenta que dicha maleza, como parte de sus métodos de reproducción asexual, produce tubérculos que pueden permanecer con vida latente hasta 10 años.

Con respecto a las posibilidades de introducción del pez Amur al embalse, se determinó que los parámetros que caracterizan a la presa Rodrigo Gómez no son nocivos para el pez, excepto porque en sus partes profundas el oxígeno tiene un nivel de cero y porque es posible su depredación por otros peces. Los obstáculos que representan ambos factores no son insalvables, ya que, por un lado, el pez se desplaza y alimenta generalmente en zonas poco profundas y, por el otro, podrían introducirse peces mayores de un año.

Existen referencias que demuestran las alteraciones producidas en un ecosistema por la introducción del pez Amur; entre ellas, destaca el incremento de la eutroficación (Avault, 1965), lo cual es poco probable que suceda en la presa, debido a que el *Ctenopharyngodon idella* Vall vendría a complementar el policultivo existente. Las determinaciones realizadas para formular el modelo matemático antes descrito presentan algunos puntos de discusión, como el ajuste del crecimiento de la *Hydrilla* a la curva logística de crecimiento poblacional con base en datos obtenidos en una época de amplias fluctuaciones de densidad, por lo cual se hace necesario obtener nuevamente las constantes  $k$  y  $r$  en el momento de introducir el pez al embalse.

## Conclusiones

De acuerdo con sus características de temperatura y oxígeno, la presa se clasifica como un lago monomictico subtropical de segundo orden y clinogrado, respectivamente, y conforme al resto de sus especificidades como mesotrófico.

Las características de la *Hydrilla verticillata* en la presa son las siguientes: crecimiento promedio de  $133.2 \text{ g}/\text{m}^2/\text{día}$  y máxima de  $465 \text{ g}/\text{m}^2/\text{día}$ ; densidad máxima de  $76 \text{ kg}/\text{m}^2$  y mínima de  $0.950 \text{ kg}/\text{m}^2$ ; promedio anual de humedad, 95%; profundidad límite de crecimiento, 7 m; área de invasión, 129.1 ha (27.20%). La *Hydrilla* no se desarrolla en la presa a profundidades mayores de 8 metros.

El crecimiento del pez Amur en el embalse alcanzó 655.5 g en 14.7 meses; su tasa mínima de crecimiento fue 0.04 g/día y la máxima de 5.36 g/día. Según sus relaciones tróficas, el pez tendría escasa competencia por el alimento y su principal depredador sería el hombre, aunque podría contraer parasitosis.

Considerando un área infestada de 129.1 ha con  $1.87 \times 10^6$  kg de *Hydrilla*, serán necesarios 64 500 peces de 24 meses de edad al momento de su introducción para controlar la maleza en un año.

El conocimiento limnológico y de factibilidad del control de *Hydrilla* por el pez amur permitieron conocer las características de calidad de agua de la presa, los comportamientos de corrientes y la dinámica biológica, la cual sirvió para ubicar e introducir los peces en el embalse, con ello se contribuyó al control de la *Hydrilla*, misma que en la actualidad no existe en la presa "La Boca". La metodología desarrollada puede aplicarse en futuros controles biológicos de las malezas acuáticas sumergidas para otros cuerpos de agua de la República Mexicana.

## Referencias

- Avault, W. J. "Biological Weed Control with Herbivorous Fisher", *Proc. 18th So. Weed Conf.*, 18:590-591, 1965.
- Avault, W. J. "Preliminar Studies with Grass Carp for Aquatic Weed Control", *The Progressive Fish Culturist*, 1965, vol. 27, núm. 4, EUA.
- Everhart, H. W., y D. W. Youngs. *Principles of Fisheries and Science*, 1981, 2a. ed., Comstock, Londres.
- Haller, W. T. "*Hydrilla* a New Rapidly Spreading Aquatic Weed Problem", *Circular 5.245*, 1976, Gainesville, Florida, Institute of Food Agricultural Science.
- Nall, E. L., y J. D. Schardt. "The Aquatic Macrophytes of Lake Conway, Florida", *APCRP Technical Report A-78-2*, 1978, Washington, D.C., Army Engge.
- Perberon, W. R. "Exploration Natural Enemies of *Hydrilla Verticillata* in Easter Africa", *APCRP, Miscellaneous Paper A-80-1*, 1980, Washington, D.C., U.S. Army.
- Pielou, C. E. *Mathematical Ecology*, 1977, Nueva York, John Willey & Sons.
- Proceeding, Research Planning Conference on the Aquatic Plant Control Program. 19-22 Oct 1976, Atlantic Beach Flo., *Miscellaneous Papers A-77-33*, Vicksburg, Miss., 1977.
- Provine, W. C. "The Grass Carp", *Texas Parks and Wild Life Dept*; 1975, Austin, Texas, Inland Fisheries Research, Special Report.
- Rosas, M. M. *Cultivo y distribución de la carpa herbívora*, 1979, México, SEP.
- SRH. *Boletín Hidrológico núm. 27*, 1966, tomo II, México, Dirección de Hidrología, SRH.