

COMBATE BIOLÓGICO DE *Hydrilla verticillata* Vahl CON CARPA HERBÍVORA (*Ctenopharyngodon idella* Vía) ¹

Manuel Rojas ², Renán Agüero ³

RESUMEN

Combate biológico de *Hydrilla verticillata* Vahl con carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella* Vía). *Hydrilla verticillata* se ha convertido en una importante maleza acuática de los canales de riego en varias fincas arroceras de Guanacaste, Costa Rica. Esta especie obstruye el flujo de agua en los canales de riego, provoca desbordamiento de la misma y aumenta los costos por combate. Ninguno de los métodos de combate usados ha sido efectivo en el control de esta especie. Se realizaron tres pruebas, con el uso de densidades variables de la carpa herbívora, con el fin de evaluar el comportamiento de este pez en el combate de *Hydrilla*. En el experimento preliminar, la densidad de 987 kg de carpa/ha redujo la biomasa de *Hydrilla* en casi 62 m³ en 21 días. En el experimento número dos, los tratamientos de 1264 y 2042 kg de carpa/ha, eliminaron por completo la maleza en 30 días. En el experimento número tres, sin embargo, el tratamiento de 1000 kg de carpa/ha redujo el volumen de *Hydrilla* 19,10 m³ en 66 días. La relación kg de carpa/ m³ inicial de *Hydrilla* resultó ser más importante, que sólo los kg de carpa/ha usados. Se observó, que cuando la relación fue menor a 0,02, la carpa no controló la maleza. Una relación mayor a 0,05 redujo la biomasa de *Hydrilla*. Una situación de equilibrio entre el crecimiento de la maleza y el control ejercido por la carpa, se logró con una relación cercana a 0,03.

ABSTRACT

Biological control of *Hydrilla verticillata* Vahl by utilization of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Vía). *Hydrilla verticillata* has become an important aquatic weed of irrigation canals at some rice farms of Guanacaste, Costa Rica. This species slows water flow, often causing flooding in adjacent roads, its control increases overall production costs. To evaluate efficiency of the grass carp in controlling *Hydrilla* three trials were conducted, with varying densities of the fish. In the preliminary trial, 987 kg/ha of grass carp reduced *Hydrilla* biomass in nearly 62 m³ in 21 days. During the second trial, treatments with 1264 and 2042 kg/ha of the fish completely eliminated the weed after 30 days. However, during the third trial, 1000 kg/ha of the carp only reduced *Hydrilla* volume in 19 m³, after 66 days. The ratio kg of carp/initial volume of *Hydrilla* proved to be more important than just the kg/ha of the carp. It was observed that when such ratio was lower than 0.02, the carp did not provide a satisfactory control of *Hydrilla*; on the other hand, a ratio higher than 0.05 significantly reduced the weed's biomass. The equilibrium point between weed regrowth and biomass consumed by the carp occurred at a ratio close to 0.03.

INTRODUCCION

Hydrilla verticillata es una maleza acuática, perenne, sumergida. Crece anclada al suelo, aunque puede sobrevivir flotando libre en el agua (Haynes, 1988). Se reproduce en forma sexual y asexual. La reproducción asexual es la principal forma de propagación y se puede dar mediante estolones, rizomas, tubérculos axilares, tubérculos subterráneos y fragmentación (Spencer y Anderson, 1986). Esta especie causa

grandes problemas al obstruir el flujo de agua en canales de riego, puede causar desequilibrios ecológicos y aumenta la sedimentación.

La finca El Cerrito, ubicada en Guanacaste, Costa Rica, se dedica al cultivo del arroz anegado. Tiene 93 kilómetros de canales de riego sin revestir, de los cuales un 80% están infestados con *Hydrilla*. Durante 1991, se gastaron US \$ 24 000 en el combate de *Hydrilla* con métodos físicos, sin lograr su control. El combate

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

² Standard Fruit Co., Valle de la Estrella, Costa Rica.

³ Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

químico, aunque efectivo, presenta ciertas regulaciones en cuanto al uso del agua con el fin de no causar problemas de toxicidad a la fauna o la flora. Esto a veces resulta imposible de cumplir debido a los altos requerimientos hídricos del arroz inundado. Por otro lado, este método puede agravar los problemas ya existentes de contaminación de aguas, tal como ocurre hoy en día, por ejemplo, en la cuenca del río Tempisque y en el Golfo de Nicoya.

La carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella* Via) es una especie que ha sido evaluada con éxito en otras partes del mundo para el control de malezas acuáticas en especial de especies sumergidas. En Holanda, se utilizó carpa (25 a 100 kg/ha) para el combate de malezas en diques de menos de 1 m de profundidad sin ningún éxito, pero al aumentar la densidad entre 180 y 360 kg/ha se logró la eliminación de la maleza. Bajo esta condición, lo recomendado es introducir 250 kg/ha de carpa con el fin de no eliminar totalmente la maleza de los canales, evitar una fuerte erosión en los mismos y no provocar un desbalance ecológico dado que muchos otros organismos dependen de estas plantas para su alimentación, refugio y reproducción. El uso de densidades altas de la carpa para el combate de malezas acuáticas obliga a que durante el primer año se deba remover parte de la población de carpas con el fin de prevenir la completa eliminación de la vegetación (Van der Zweerde, 1990).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el combate de *Hydrilla verticillata* con el uso de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en la finca arrocera El Cerrito ubicada en el Distrito de Nacascolo, Cantón de Liberia, Guanacaste en 1993 y parte de 1994.

Estanque experimental

Se construyeron seis estanques, cada uno con las siguientes dimensiones: 5,5-6,0 m de ancho x 20,0 m de largo x 1,7 m de hondo. Los estanques se construyeron en línea, separados por un tabique de tierra. En medio del tabique y a una altura de 1,6 m desde el fondo del estanque se colocó un tubo de 6 pulgadas de diámetro para permitir el flujo de agua de un estanque a otro. En cada extremo del tubo se colocó una malla de cedazo

galvanizado para evitar que los peces o la maleza se pasaran de estanque. El agua para abastecer los estanques se tomó de un canal secundario paralelo al área experimental. Para ello se introdujo un tubo de seis pulgadas de diámetro a una altura de 1,6 m desde el fondo del primer estanque para conectar el canal con el estanque. En cada extremo del tubo se colocó un cedazo. Posteriormente, se construyó otro grupo de seis estanques con las siguientes dimensiones: 6,0 m de ancho x 20 m de largo x 1 m de hondo. En los dos grupos de estanques fue necesario sembrar la maleza, arrojando fragmentos de la misma sobre el agua en cada estanque. Cada estanque fue dividido en cuatro secciones, cada una con las siguientes dimensiones: 2,5 m de ancho x 9,0 m de largo. Cada una de estas secciones correspondió a una área de muestreo.

Tratamientos

Se realizaron tres experimentos. En los Cuadros 1, 2 y 3 se describen los tratamientos de cada experimento.

No fue posible que cada tratamiento fuera idéntico de un experimento a otro, debido a problemas con la reducida población de carpas disponibles al momento de establecer cada prueba y a las variaciones en peso de cada animal.

En el tercer experimento no fue posible montar el tratamiento equivalente a 2000 kg de carpa/ha debido a la falta de un estanque con maleza desarrollada. En los tratamientos con 0 kg de carpa/ha, se evaluó el crecimiento de la maleza después de haber sido completamente eliminada por cantidades altas de las carpas (Tratamiento residual).

La ubicación de cada tratamiento en los estanques se hizo al azar. Los experimentos preliminar y el No. 3 se realizaron en los estanques de mayor profundidad, el experimento No. 2 se hizo en los estanques de 1 m. de hondo.

Variables evaluadas

Alturas promedios de los estratos superior e inferior de la maleza

Observaciones preliminares permitieron detectar que el crecimiento de la maleza no es uniforme en todos los casos, sino que tiende a formar estratos de diferentes alturas. Se evaluaron dos estratos definidos de la siguiente forma: Estrato inferior: grupo de plantas de menos de 75 cm de altura. Estrato superior: grupo de plantas de más de 75 cm de altura.

Cuadro 1. Tratamientos usados en el combate de *H. verticillata* con carpa herbívora. Experimento preliminar. Guanacaste, Costa Rica. 1993.

Identificación tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5
No. carpas/estanque	0	3	11	24	42	53
Peso (g) promedio/pez	0	260	213	214	235	202
kg carpa/ha.	0	78	234	513	987	1070
Relación kg carpa/volumen (m ³) inicial estimado de <i>Hydrilla</i>	0	0,02	0,03	0,05	0,09	0,09

Cuadro 2. Tratamientos usados en el combate de *H. verticillata* con carpa herbívora. Experimento No. 2. Guanacaste, Costa Rica. 1993-1994.

Identificación tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5
No. carpas/estanque	0	1	4	9	15	22
Peso (g) promedio/pez	0	820	834	853	842	928
kg carpa/ha.	0	82	338	768	1264	2042
Relación kg carpa/volumen (m ³) inicial estimado de <i>Hydrilla</i>	0	0,01	0,04	0,09	0,14	0,21

Cuadro 3. Tratamientos usados en el combate de *H. verticillata* con carpa herbívora. Experimento No. 3. Guanacaste, Costa Rica. 1994

Identificación tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4
No. carpas/estanque	0	1	3	8	10
Peso (g) promedio/pez	0	900	1083	988	1000
kg carpa/ha	0	90	325	790	1000
Relación kg carpa/volumen (m ³) inicial estimado de <i>Hydrilla</i>	0	0,009	0,027	0,062	0,072

Para la evaluación se tomaron tres puntos fijos en cada sección del estanque. Para ubicar el punto exacto se tomó la cuerda central que dividió el estanque a lo largo como referencia y a un metro de distancia de ella se introdujo una regla de medición graduada en cm. En ese punto se midió la altura promedio del estrato inferior y del estrato superior.

Porcentaje de cobertura de los estratos superior e inferior de la maleza

En cada sección del estanque se determinó el porcentaje de cobertura de los dos estratos. En el caso del estrato superior se hizo visualmente desde la superficie. Para el estrato inferior se ubicó las áreas donde

no había maleza presente (“huecos”) y se estimó el porcentaje de la sección que ocupaban. Cuando se presentaron varios de estos “huecos”, el porcentaje de cobertura correspondió al 100% menos la suma del porcentaje de cada uno de los “huecos” presentes.

Volumen estimado de maleza

En el experimento preliminar el volumen de *Hydrilla* por estanque se estimó con la siguiente fórmula:

$$V_e = [((AES*CES)+(AEI*CEI)) - (AEI*CES)]/100$$

donde:

V_e = Volumen estimado de *Hydrilla* en m^3
 AES= Altura promedio del estrato superior en cm.
 AEI= Altura promedio del estrato inferior en cm.
 CES= Porcentaje de cobertura del estrato superior
 CEI= Porcentaje de cobertura del estrato inferior

Para los experimentos 2 y 3, el volumen estimado de *Hydrilla por sección* se calculó con la siguiente fórmula:

$$V_e = [((AES*CES)+(AEI*CEI)) - (AEI*CES)/10000] * 22,5$$

donde: 22,5= volumen máximo de cualquiera de las secciones en m^3 .

Calidad de la carne de carpa para consumo humano

Se hizo una degustación de la carne de carpa entre 15 empleados de la finca. La carpa se preparó frita en aceite en trozos pequeños. Posterior a su consumo se les formuló a cada degustador las siguientes preguntas:

- ¿ Cómo encontró el sabor de la carne ?
- ¿ Qué le pareció el contenido de espinas ?
- ¿ A su criterio cuál es el mayor defecto que presentó la carne de carpa para el consumo humano ?

Análisis estadístico

Los datos de los experimentos dos y tres fueron analizados con un análisis de Diseño Irrestricto al Azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento preliminar

Ninguno de los tratamientos usados logró eliminar del todo la maleza. Se dió una reducción grande de los volúmenes iniciales de *Hydrilla* al cabo de 21 días en los

tratamientos donde se usó 234, 513 y 987 kg de carpa/ha. Esta reducción se debió principalmente a la disminución del porcentaje de cobertura y de la altura de la maleza en el estrato superior. En el estrato inferior se observó reducción de las dos variables pero no fue tan evidente como la que se dio en el estrato superior. En los tres tratamientos señalados, se observó que a mayor densidad de carpas/ha, mayor fue la reducción del volumen de *Hydrilla*.

El volumen de *Hydrilla* (Cuadro 4) no fue el mismo en todos los estanques al momento del inicio del experimento. El tratamiento en que se colocó la mayor densidad de peces (T5) correspondió también al tratamiento con mayor volumen de maleza. Por otro lado, el tratamiento con cero carpas (T0) tuvo un volumen inicial muy reducido de *Hydrilla*; esto se debió a que en ese estanque la maleza fue eliminada en su mayor parte por las carpas, que se colocaron cuando fueron trasladadas. El efecto de estos peces sobre la maleza fue bastante severo, lo que dificultó su recuperación posterior.

Al analizar los datos se observó que sólo en el tratamiento T1 se presentó un aumento del volumen de la maleza. Entre el muestreo inicial y el cuarto se produjo un incremento de 43,96 metros cúbicos de la maleza en 21 días; esto debido a que a pesar de la presencia de la carpa, el volumen inicial de *Hydrilla* fue alto (41,26 m^3). Esto significó un incremento promedio de 2,09 metros cúbicos de la maleza por día en este tratamiento. En el T2 la reducción fue de 27,13 metros cúbicos de maleza entre el muestreo inicial y el cuarto muestreo. En T3 la reducción fue de 42,51 metros cúbicos; en T4 la reducción fue de 61,71 metros cúbicos.

La relación de kg de carpa/ m^3 inicial de *Hydrilla* fue igual en los tratamientos de 987 y 1070 kg de carpa/ha (Cuadro 1); sin embargo, el tratamiento de 1070 kg

Cuadro 4. Volumen estimado de *H. verticillata* por tratamiento. Experimento preliminar. Finca El Cerrito, Guanacaste, Costa Rica. 1993

Días del muestreo*	Volumen estimado (m^3)					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
0	1,29	41,26	72,35	95,49	103,37	118,99
7	1,68	61,83	51,31	89,63	89,84	120,47
14	1,04	79,23	51,49	54,24	49,43	118,48
21	0,66	85,22	45,22	52,98	41,66	110,42

* Días de muestreo después del inicio de la prueba

no redujo el volumen de *Hydrilla* en igual forma a la reducción que se dio en el tratamiento de 987 kg de carpa/ha, al cabo de 21 días de observación. Varias semanas después de concluidas las mediciones, se observó que en el estanque con 1070 kg de carpa/ha, la maleza del estrato superior fue eliminada (Datos no mostrados). No se tiene claro cual fue la principal razón para que se diera esta situación en este tratamiento. Lo esperado era que la reducción de la maleza fuera parecida a la que se dio en el tratamiento de 987 kg de carpa/ha.

Experimento No. 2

Porcentaje de cobertura de estratos superior e inferior

El análisis de la cobertura del estrato superior, estableció que a los 15 días los cinco tratamientos se diferenciaron significativamente en tres grupos. Por un lado el tratamiento de 2042 kg presentó el mayor porcentaje de reducción de la cobertura del estrato superior (casi un 100% de reducción); el tratamiento de 1264 kg fue segundo y el tercer grupo lo formaron los tratamientos de 768, 338 y 82 kg, los cuales no fueron significativamente diferentes entre sí pero si lo fueron con respecto a los tratamientos de 2042 y 1264 kg. Se observó para estos dos últimos tratamientos que a mayor cantidad de kg de carpa, mayor es el porcentaje de reducción de la cobertura en el estrato superior. En los tratamientos de 768; 338 y 82 kg de carpa/ha la anterior situación no se presentó. Esto puede ser un indicio de que para lograr un control eficaz y rápido (en menos de 15 días) de la maleza en el estrato superior existe una densidad de carpa requerida, por debajo

de la cual dicho efecto no se manifiesta. Esta densidad se encuentra entre 768 y 1264 kg de carpa/ha para cuando el volumen de *Hydrilla* es semejante al obtenido en este experimento.

Lo que todo método de manejo debe de buscar es eliminar por completo el estrato superior y mantener reducido el estrato inferior, pero no eliminar por completo este último, ya que el estrato inferior ayuda a evitar la erosión del canal. Cierta cantidad de maleza en el fondo puede ser recomendable para evitar un desequilibrio ecológico, si se elimina el hábitat donde se alimentan, protegen y habitan diversas especies acuáticas.

A los 30 días, no existieron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de reducción de la cobertura del estrato superior entre los tratamientos de 2042 y 1264 kg de carpa/ha. El tratamiento de 338 kg/ha produjo una mayor reducción de la cobertura del estrato superior en comparación con los tratamientos de 768 y 82 kg/ha, lo que lo diferenció significativamente de estos dos tratamientos. El tratamiento de 768 kg fue el que menos porcentaje de reducción de cobertura superior produjo a los 30 días. Esto se debió a la pérdida de la densidad original de carpa en dicho tratamiento. Fue imposible realizar un barrido del estanque con el trasmallo para determinar el número de carpas presentes.

A los 66 días no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de 2042 y 1264 kg de carpa/ha en cuanto a la variable porcentaje de reducción de la cobertura del estrato superior. Los tratamientos 1264 y 338 kg de carpa/ha no fueron significativamente diferen-

Cuadro 5. Separación de medias de tratamientos del experimento No. 2 de control biológico de *Hydrilla*. Variable porcentaje de reducción de la cobertura de los estratos superior e inferior a los 15, 30 y 66 días. Guanacaste, Costa Rica. 1993-1994.

Tratamiento kg carpa/ha	Porcentaje de reducción de la cobertura* del estrato					
	Superior a los			Inferior a los		
	15 días	30 días	66 días	15 días	30 días	66 días
2042	87,50 a	100,00 a	100,00 a	7,50 a	100,00 a	100,00 a
768	11,25 c	-13,80 d	-13,80 d	6,25 ab	-1,25 b	-6,25 b
338	17,50 c	40,00 b	58,75 b	1,25 b	-8,75 b	-12,50 b
82	5,00 c	6,25 c	12,50 c	-3,75 c	-6,25 b	-20,00 b
1264	57,50 b	82,50 a	82,50 ab	2,50 ab	88,80 a	88,80 a

* Para el análisis, medias previamente transformadas usando Arcoseno $(y/2+15)^{1/2}$. Medias con igual letra no difieren significativamente según Duncan. Se presentan los datos sin transformar. Datos con signo negativo reflejan que la maleza aumentó en cobertura.

tes entre sí. Esto significa que a los 66 días el tratamiento de 338 kg de carpa/ha logró reducir la cobertura inicial del estrato superior a un nivel similar a lo obtenido por la densidad de 1264 kg a los 30 días. Para el tratamiento de 82 kg se observó un aumento leve en la reducción de la cobertura del estrato superior desde el inicio del experimento hasta los 66 días.

A menor densidad de carpa/ha mayor es el tiempo requerido para reducir el porcentaje de cobertura superior en cantidades parecidas a las que produce una alta densidad en poco tiempo. Se necesitaron alrededor de 66 días para que una densidad de 338 kg de carpa/ha eliminara casi por completo el estrato superior de *Hydrilla*, mientras que una densidad de 1264 kg/ha duró 30 días y una densidad de 2042 kg/ha sólo necesitó 15 días.

En el estrato inferior a los 15 días, el tratamiento de 2042 kg/ha fue significativamente diferente de los tratamientos de 338 y 82 kg/ha. Los tratamientos de 1264, 768 y 338 no fueron diferentes significativamente entre sí. El tratamiento de 82 kg/ha fue el que menor porcentaje de reducción de la cobertura produjo.

A los 30 días los tratamientos de 2042 y 1264 kg no mostraron diferencias significativas entre sí, estos dos tratamientos fueron diferentes al 0,05% de los tratamientos de 768, 338 y 82 kg de carpa/ha. Estos tres últimos tratamientos fueron los que menos porcentaje de

reducción de la cobertura del estrato inferior alcanzaron.

A los 66 días se observó la misma situación que se dio a los 30 días.

En los tratamientos de 2042 y 1264 kg/ha se dio un aumento de la reducción de la cobertura inicial de *Hydrilla* entre los 15 y 30 días. Para los otros tratamientos se produjo una disminución en la reducción, es decir la maleza en este estrato se incrementó. Este incremento de la maleza es más marcado entre los 30 y 66 días. En el caso del tratamiento de 768 kg se debió a la pérdida de la densidad original de carpa. Para el tratamiento de 82 kg se debió a que fue una densidad muy baja de peces; mientras que en el de 338 kg es posible que se debió a que de los peces concentraron su acción sobre el estrato superior.

Volumen estimado de *Hydrilla*

La Figura 1 muestra la variación del volumen estimado de *Hydrilla* en cada tratamiento.

Los resultados mostraron que los tratamientos de 2042 y 1264 kg de carpa/ha eliminaron por completo la maleza en menos de 30 días. El tratamiento de 2042 kg a los 15 días había eliminado 3,3 m³ más de *Hydrilla* sección que lo que eliminó el tratamiento de 1264 kg de carpa/ha. Lamentablemente, el tratamiento de 768 kg de carpa/ha perdió la densidad inicial de carpas lo que imposibilitó un adecuado análisis de los resultados de

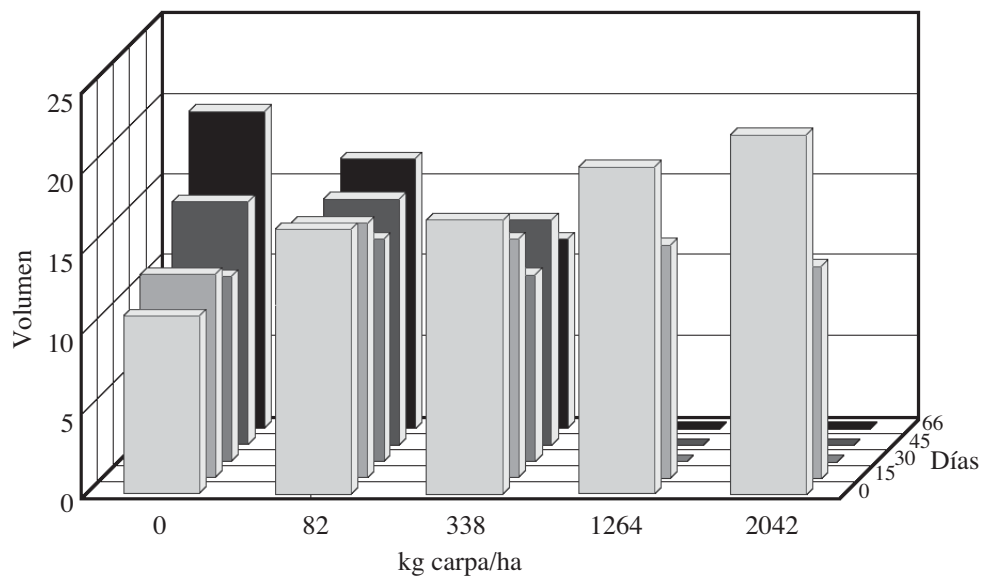


Fig. 1. Volumen estimado (m³) de *Hydrilla* en cada tratamiento. Experimento N° 2. Guanacaste, Costa Rica. 1993-1994.

Cuadro 6. Separación de medias de tratamientos del experimento No. 3. Control biológico de *Hydrilla*. Variable: Porcentaje de reducción de la cobertura de los estratos superior e inferior a los 15, 36 y 66 días, transformada*. Guanacaste, Costa Rica. 1994.

Tratamiento kg carpa/ha	Porcentaje de reducción de la cobertura* del estrato					
	Superior a los			Inferior a los		
	15 días	36 días	66 días	15 días	36 días	66 días
2042	13,75 a	27,50 a	37,50 b	3,75	2,50	11,25 ab
790	12,50 a	35,00 a	30,00 b	7,50	1,25	8,75 b
1000	16,25 a	36,25 a	76,25 a	5,00	-1,25	27,50 a
90	00,00 b	-2,50 b	-17,50c	0,00	0,00	0,00 b

* Para el análisis, datos previamente transformados usando $\text{Arcoseno}(y/2+15)^{1/2}$
Medias con igual letra no difieren significativamente según Duncan. Se presentan datos sin transformar.
Datos con signo negativo reflejan que la maleza aumentó en cobertura.

este tratamiento. En el caso del tratamiento de 338 kg, en 66 días logró reducir el volumen de *Hydrilla* en 5,24 m³ / sección es decir 21m³ / estanque. Esta reducción se dio principalmente por la eliminación del estrato superior de *Hydrilla*, ya que el estrato inferior apenas sufrió una reducción de la altura de la maleza al finalizar las observaciones. El tratamiento de 82 kg de carpa/ha no logró reducir la maleza al cabo de 66 días. De los 0 a los 30 días se registró una reducción leve del volumen de la maleza, pero de los 30 a los 66 días el volumen se volvió a incrementar a los niveles iniciales. No es claro por qué se dio este comportamiento, sin embargo no se debió a la pérdida de la densidad original. Debido a que las variaciones entre una estimación y la otra son pequeñas, es posible que se deban al azar, a la hora de muestrear, sobre todo la altura de la maleza. A pesar de que la maleza se midió por estratos, esto no significó que dentro de un mismo estrato toda la maleza midió igual; por otro lado, aunque se evaluó en puntos fijos, es difícil que se haya siempre medido el mismo tallo, así la variación de altura de *Hydrilla* entre una evaluación y la otra puede ser la principal causa de la variación del volumen, pero no la única, ya que el porcentaje de cobertura también influyó.

Experimento No. 3

Porcentaje de cobertura de los estratos superior e inferior

La separación de medias de los tratamientos para el porcentaje de reducción de la cobertura del estrato superior a los 15 días mostró que de 325 a 1000 kg de carpa/ha la reducción en el porcentaje de cobertura fue similar, mientras que a 90 kg/ha la reducción fue significativamente menor. El tratamiento de 90 kg no redujo la

cobertura del estrato superior durante todo el experimento. A los 36 días el porcentaje de reducción de la cobertura del estrato superior aumentó en las densidades de 325; 790 y 1000 kg; sólo en el tratamiento de 90 kg el porcentaje de reducción disminuyó, es decir la cobertura aumentó. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de 325; 790 y 1000 kg. El comportamiento de los tratamientos a los 36 días fue similar al que se observó a los 15 días.

A los 66 días se dio una diferenciación más clara entre los tratamientos. El tratamiento de 1000 kg mantuvo su tendencia a ser el que más porcentaje de reducción produjo y fue diferente significativamente a los otros tres tratamientos. Los tratamientos de 325 y 790 kg no fueron significativamente diferentes entre sí; sin embargo, existió una ligera superioridad de la densidad de 325 kg sobre la de 790 kg en cuanto al porcentaje de reducción promedio de la cobertura de este estrato. Al igual que en el experimento dos, esto se debió a la pérdida de carpas en el tratamiento de 790 kg por acción de los cocodrillos. El tratamiento de 90 kg fue el que menos porcentaje de reducción produjo a los 66 días y además mantuvo la tendencia a un incremento de la cobertura.

En cuanto al porcentaje de reducción de la cobertura del estrato inferior no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos a los 15 y 36 días. A los 66 días se presentó una diferenciación entre los tratamientos. La densidad de 1000 kg fue la que mayor porcentaje de reducción mostró y se diferenció significativamente de los tratamientos de 90 y 790 kg. No hubo diferencias significativas entre el tratamiento de 1000 kg y el de 325 kg. Tampoco se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de 90, 325 y 790

kg El tratamiento de 90 kg fue el que menos porcentaje de reducción de la cobertura del estrato inferior mostró.

El análisis de separación de medias de los tratamientos, permitió detectar que para el tratamiento de 90 kg no hubo reducción de la cobertura de el estrato inferior en las tres evaluaciones. Para los otros tres tratamientos se presentó una disminución del porcentaje de reducción de la cobertura del estrato a los 36 días. Esto significa que el porcentaje de cobertura aumentó entre los 15 y 36 días. Es posible que esto se debió a que las carpas concentraron su acción sobre el estrato superior en dicho período. Al reducirse la cobertura del estrato superior a partir de los 36 días, las carpas volvieron a alimentarse del estrato inferior; por eso es que a los 66 días el porcentaje de reducción de la cobertura de este estrato volvió a incrementarse.

Volumen estimado de *Hydrilla*

La Figura 2 muestra los volúmenes estimados de *Hydrilla* en el experimento tres. Los tratamientos con 0 y 90 kg de carpa/ha incrementaron el volumen de *Hydrilla*, mientras que con las densidades de 325 y 1000 kg de carpa/ha el volumen se redujo. En el tratamiento 0 kg de carpa/ha, el volumen aumentó 3,08 m³/sección en 66 días, es decir 12.32 m³/ estanque. En promedio el incremento diario fue de 0,1866 m³. Este aumento es muy pequeño y obedeció a que el tratamiento empezó con cero m³ de *Hydrilla*. En el tratamiento de 90 kg de carpa/ha al no darse el control de la maleza aumentó el volumen de *Hydrilla*. En 66 días el incremento fue de 13,7m³/sección (54,8 m³/estanque) lo que equivalio a un aumento diario de 0,83 m³ de *Hydrilla*/estanque. Por

su parte en el tratamiento de 325 kg, la reducción fue de 1,5 m³/ sección en 66 días (6m³/estanque), esto es una reducción promedio de 0,09 m³/día. Para el tratamiento de 1000 kg de carpa/ha se produjo una reducción del volumen estimado de 19,1 m³ de *Hydrilla*/sección (76,4 m³/estanque) en 66 días, una reducción promedio diaria de 1,15 m³.

Relación kg de carpa/m³ inicial de *Hydrilla*

Más importante que los kg de carpa/ha que se introdujeron a los estanques, es la relación kg de carpa/m³ inicial de *Hydrilla* (Cuadro 7), cuando la relación fue menor de 0,02, las carpas no lograron reducir el volumen inicial de la maleza; por el contrario se dio un aumento de la biomasa de *Hydrilla*. Cuando la relación fue mayor a 0,05 se observó una reducción de los volúmenes iniciales de la maleza; entre mayor fue la relación más rápido se logró eliminar la maleza. Parece existir una relación donde se da cierto equilibrio entre el crecimiento de la maleza y el consumo que hacen las carpas; este equilibrio se encontraría entre 0,03 y 0,04 kg de carpa/m³ de *Hydrilla*. Lamentablemente, la literatura no señala un análisis de este tipo de relación y sólo se limita a informar los kg de carpa usados por hectárea de lámina de agua.

Calidad de la carne de carpa herbívora para consumo humano

Las Figuras 3 y 4 muestran la frecuencia relativa de las respuestas dadas por los empleados de finca El Cerrito que evaluaron la calidad de la carne de la carpa

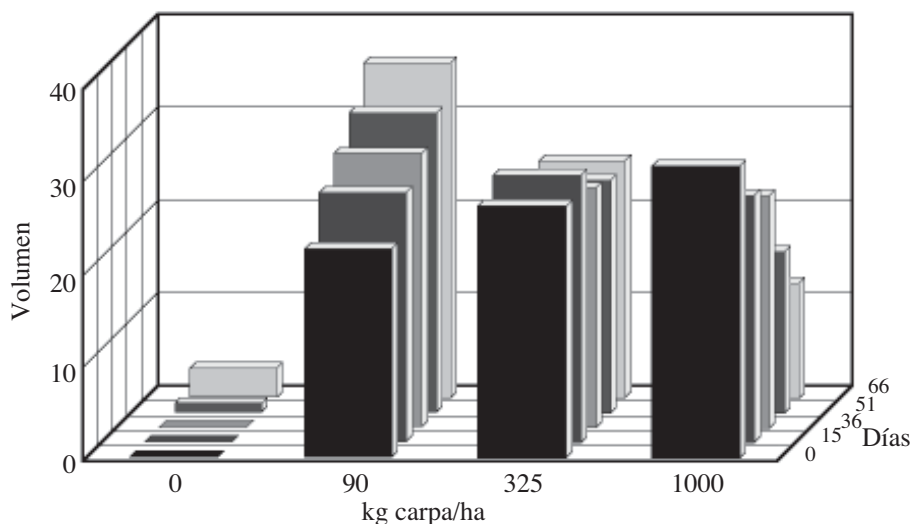


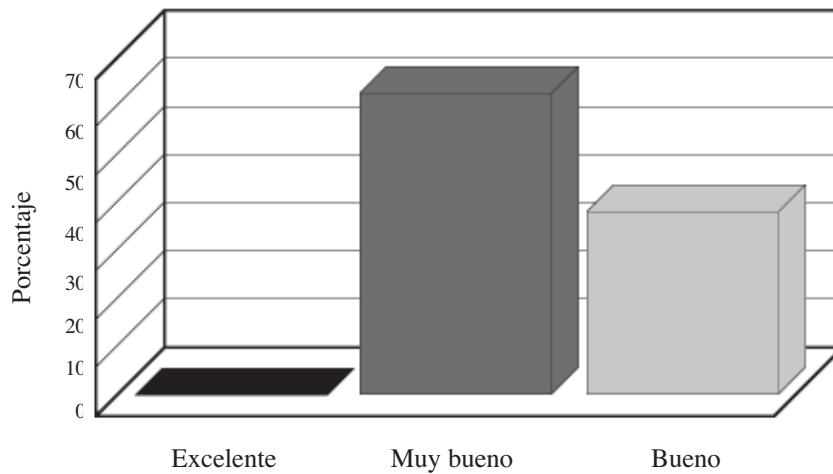
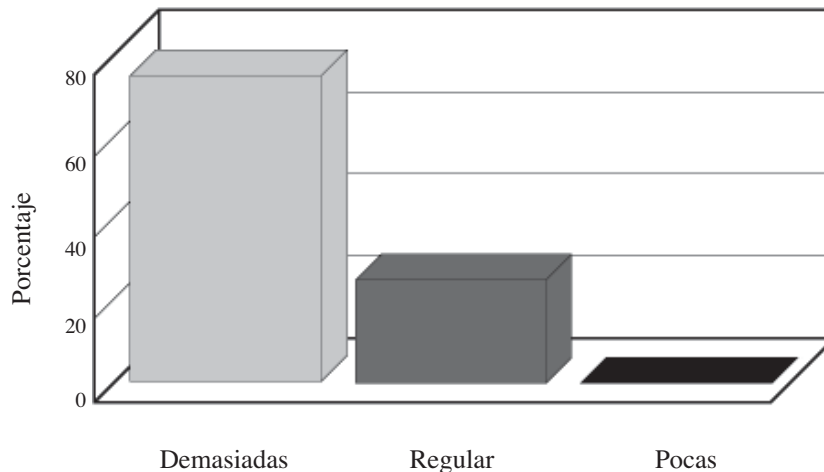
Fig. 2. Volumen estimado (m³) de *Hydrilla* en cada tratamiento. Experimento N° 3. Guanacaste, Costa Rica. 1994.

Cuadro 7. Variación del volumen de *Hydrilla* a los 0, 15 y 66 días en los 3 experimentos, según la relación kg de carpa/m³ inicial de *Hydrilla*. Guanacaste, Costa Rica. 1993-1994.

Relación kg carpa/m ³ estimado de <i>hydrilla</i>	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,14	0,21
kg carpa/ha	0	90	78	325	338	513	1000	987	1264	2042
Identificación tratamiento	TO-2	T1-3	T1-P	T2-3	T2-2	T3-P	T4-3	T4-P	T4-2	T5-2
Volumen inicial de <i>hydrilla</i>	43,60	89,20	41,26	108,00	67,60	95,49	125,60	103,37	80,80	88,80
Volumen de <i>hydrilla</i> a los 15 días	50,00	107,20	79,23	114,80	46,16	54,24	106,40	49,43	0	0
Volumen de <i>hydrilla</i> a los 66 días	78,32	144,00	—	102,00	46,64	—	49,20	—	0	0

La identificación de los tratamientos indica el tratamiento y el número del experimento en que se evaluó. Ej. T1-P significa Tratamiento No. 1, experimento preliminar

* kg de carpa por estanque/volumen inicial estimado de *Hydrilla*.

**Fig. 3.** Opinión de los empleados de la finca El Cerrito sobre el sabor de la carne de la carpa herbívora. Guanacaste, Costa Rica. 1994.**Fig. 4.** Opinión de los empleados de la finca El Cerrito sobre el contenido de espinas de la carne de la carpa herbívora. Guanacaste, Costa Rica. 1994.

herbívora. En su totalidad, las personas que participaron en esta prueba expresaron que el mayor problema de la carne de la carpa herbívora es la presencia de espinas pequeñas dentro de la carne; sin embargo, es criterio de todos los encuestados que dicho problema no es grave para los pobladores de la región, dado que varios peces nativos de la región presentan dicha característica y que ellos conocen diversas maneras de preparar la carne de pescado que permite minimizar dicho problema.

De acuerdo con lo observado en los tres experimentos, la carpa se alimenta inicialmente del estrato superior de la maleza en parches; en dichos puntos se empezó a formar unos "huecos" (sectores sin maleza) desde la superficie hacia el fondo, posteriormente dichos huecos se agrandaron. Este comportamiento de la carpa también fue reportado por Klussmann *et al.* (1988). Estos investigadores señalan que aunque *Hydrilla* puede mantenerse flotando en el agua en fragmentos, ella tiende a enraizarse en el fondo. En el fondo del agua, la maleza produce tallos poco ramificados espaciados con internudos largos; al mejorar la calidad y cantidad de la luz en la superficie, los tallos se ramifican y los internudos se acortan, lo que forma las densas masas en la superficie. Es por eso que la carpa concentra su acción en la superficie. Cerca de la superficie, los tallos de *Hydrilla* son más tiernos que en el fondo. Esta manera de consumir la maleza tiene el inconveniente de que expone a la carpa a la acción de depredadores, sobre todo aves.

El crecimiento de la maleza a partir de los tubérculos en el hidrosuelo o del enraizamiento de fragmentos de la maleza presenta un periodo inicial lento y conforme aumenta el volumen de la maleza el crecimiento se acelera. Si el volumen inicial es alto, el crecimiento es mayor. La anterior situación es interesante y ayuda a explicar por qué el control físico de arrancar la maleza con ganchos o dragas no logra controlar la maleza por un tiempo prolongado. Esto se debe a que este método de combate no elimina toda la maleza y deja suficiente cantidad de *Hydrilla* que permite un rápido regreso a los volúmenes originales existentes antes de la aplicación del método de combate.

La carpa soportó condiciones de turbidez del agua; sin embargo, la mayor actividad de las mismas en la superficie se dio en los días en que el agua estuvo cristalina. Es posible que la turbidez del agua afecte en alguna medida el comportamiento de la carpa. De acuerdo con esto, es de esperar un mayor efecto de la carpa sobre *Hydrilla* en la época seca que en la época lluviosa, ya que en esta última el agua de los canales se enturbia mucho.

Klussmann *et al.* (1988) señalaron que el uso de la carpa herbívora para el control de *Hydrilla* tiende a producir un hidrosuelo muy floculante, producto de la descomposición de la materia orgánica resultante de la acción de la carpa sobre la maleza. Por otro lado, Joyce *et al.* (1990) señalaron que la presencia de ciertos ácidos húmicos que se producen por la descomposición de la materia orgánica afectan el crecimiento de *Hydrilla*. Esta condición de un hidrosuelo floculado fue detectado en nuestros estudios, sobre todo cuando se usaron las densidades de 2042 y 1264 kg de carpa/ha. Es posible que el control rápido y prolongado de la maleza que se dio en estos tratamientos no sólo se debió al efecto de las carpas al alimentarse del follaje, de las raíces y tubérculos de *Hydrilla* en el hidrosuelo, sino también a que provocaron un acúmulo de materia orgánica en descomposición que inhibió el crecimiento de la maleza. Esta materia orgánica fue producto de los fragmentos de *Hydrilla* que se depositaron en el fondo como también de los excrementos de los mismos peces.

En un estudio de malezas asociadas a canales de riego que se realizó como complemento a este trabajo, se observó que la cobertura de *Hydrilla* se redujo un poco en la época lluviosa. Una de las posibles razones de esta situación es que en esta época la turbidez del agua en los canales no sólo reduce la cantidad y calidad de luz que recibió la maleza, sino que en alguna medida provocó la descomposición de materia orgánica de la maleza inhibiendo su crecimiento.

Estos aspectos deben ser analizados para el control de *Hydrilla* con la carpa herbívora. Una estrategia podría hacer un mayor uso de la carpa en la época seca cuando la calidad del agua permite un mejor desempeño de los peces y lograr reducir o eliminar la maleza en esta época y al llegar a la época lluviosa, la turbidez del agua de los canales junto con densidades más bajas (300 kg carpa/ha) puedan mantener controlada la maleza.

Es posible que la anterior situación fue la que se presentó en una sección del canal principal de riego donde se escaparon 1000 alevines por acción de los cocodrillos; estos peces poco a poco fueron reduciendo la población de *Hydrilla* en una sección de 800 m del canal hasta llegar a eliminarla por completo. Posteriormente la mayor parte de estas carpas se perdieron por acción de las aplicaciones de insecticidas, las aves y los cocodrillos. Sin embargo, casi dos años después de su escape dicha sección se mantuvo limpia de la maleza sin la presencia de la carpa. Esto sólo se explica por una acción muy fuerte de las carpas sobre las estructuras subterráneas de la maleza, así como por la presencia de otros factores (mala calidad y cantidad de la

luz que recibió la maleza durante la época lluviosa; presencia de materia orgánica en descomposición), que inhibieron el crecimiento de *Hydrilla*.

Sutton y Vandiver (1986) indicaron que la carpa herbívora es una especie bastante polífaga. Ellos brindan una lista de especies consumidas por la carpa, siendo *Hydrilla* la especie preferida. Las observaciones hechas en nuestros estudios mostraron que la carpa, ante la presencia de varias especies, se alimenta principalmente de *Hydrilla*. En los tratamientos de 2042 y 1264 kg de carpa/ha después de que *Hydrilla* fue eliminada, la carpa se alimentó de la vegetación de las orillas de los estanques. Especies como *Leersia hexandra*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Luziola subintegra*, *Arachis pintoi*, fueron consumidas por la carpa una vez que se acabó *Hydrilla*. En los estanques donde se usó las densidades de 2042 y 1264 kg de carpa/ha no hubo reinfestación de *Hydrilla* ni de otras especies mientras hubo carpas. Esto concuerda con lo señalado por Klusmann *et al.* (1988) que indicaron que, con excepciones periódicas, los reservorios de agua con carpas tienden a mantenerse libres de macrófitas.

Varios investigadores (Cassani y Caton, 1985; Klusmann *et al.*, 1988) informan de una pérdida de la densidad original de carpas utilizada en sus estudios; sin embargo, no señalan cuales fueron las razones de ello. Sutton y Vandiver (1986) indicaron que la carpa presenta varios enemigos naturales donde se incluyen aves, cocodrillos, algunos mamíferos. En este estudio también se dio la pérdida de la densidad original de carpa por la acción de enemigos naturales en varios tratamientos. En otros países se ha usado productos como la rotenona para matar las carpas y hacer conteos finales de las carpas. El uso de un producto químico con tal fin en este estudio, era inadecuado, debido no sólo a los problemas de contaminación de las aguas, sino también a la baja disponibilidad de carpas para posteriores investigaciones.

Bajo condiciones comerciales, la pérdida de la densidad deseada de carpas/ha se puede corregir en forma rápida introduciendo más carpas. Para detectar cuántas carpas es necesario introducir, lo ideal sería hacer muestreos de la población de carpas, pero por lo observado, esto es poco práctico sobre todo en canales de riego, ya que capturar las carpas con redes no es fácil. Lo que si es factible es hacer muestreos de la población de la maleza para detectar su comportamiento, si se observa que la cobertura de la maleza no se reduce o por el contrario, aumenta, es señal de que la densidad de carpas existente en ese momento no

es la suficiente y se requiere de más carpas. Estos muestreos se pueden realizar inclusive con simples observaciones visuales.

En cuanto a la reducción de costos por el uso de carpas, se puede señalar que la liberación accidental de alrededor de 1000 alevines en una sección del canal principal de 900 m de largo, 6 m de ancho y 1,5 m de profundidad, eliminó por completo la maleza y mantuvo limpio dicho sector sin tener que recurrir a otros métodos de combate durante dos años; esto significó aproximadamente un ahorro de \$ 2700 dólares en ese período. El costo de los alevines de carpa escapados en este sector fue de \$ 67.00 dólares.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de volúmenes de *Hydrilla* presentes al inicio de los experimentos, se observó que densidades menores de 100 kg de carpa/ha no controlaron la maleza. Densidades cercanas a los 300 kg de carpa/ha redujeron en alguna medida el volumen inicial de *Hydrilla* pero en un periodo de tiempo demasiado largo; este resultado no concuerda con lo señalado por la literatura, donde por lo general la densidad de carpas recomendada es cercana a los 300 kg de carpa/ha. Es posible que la diferencia entre lo obtenido en estos estudios y lo reportado por la literatura, obedezca a diferencias en la relación kg de carpa/m³ de *Hydrilla* inicial; sin embargo, la literatura no señala cual era dicha relación. Densidades entre 300 y 500 kg de carpa/ha parecen ser las que permiten alcanzar un equilibrio carpa-maleza que permite un flujo adecuado de agua en los canales y que no provoca la muerte de peces por falta de alimento; ésto con el fin de obtener un control más prolongado. Sin embargo, los tratamientos con densidades igual o mayores a 1000 kg de carpa/ha produjeron efectos rápidos, (entre 15 y 30 días), dependiendo de la cantidad de *Hydrilla* inicial. Desde un punto de vista de manejo, esto puede ser importante si lo que se busca es permitir un flujo espedito del agua de riego en los canales en poco tiempo, ya que es el estrato superior de la maleza el que obstruye en mayor medida los canales.

Más importante que los kg de carpa/ha usados es la relación de kg de carpa/m³ de *Hydrilla*. Entre más alta sea esta relación más rápido es controlada la maleza. Una misma cantidad de carpas puede presentar distinta relación kg de carpa/m³ de *Hydrilla*, lo que produce resultados diferentes. Sin embargo, el establecer los metros cúbicos de *Hydrilla* no es un procedimiento muy fácil para los posibles usuarios.

La carpa herbívora constituye una alternativa para el control de *Hydrilla*, sobre todo si se usa como parte de un manejo integrado. Un combate inicial ya sea físico o químico con el fin de reducir la población inicial de *Hydrilla* permitiría que densidades cercanas a 300 kg pudieran ser usadas con éxito.

La carpa constituye un alimento de bajo costo y alto valor nutritivo, que vendría a mejorar la dieta de los habitantes de la zona.

AGRADECIMIENTO

A la Comunidad Económica Europea (CEE) por el apoyo económico y al PRIAG por el apoyo logístico. A la empresa Granos de Guanacaste S.A., por permitir el desarrollo de esta investigación en su finca y por el apoyo económico y logístico brindados.

LITERATURA CITADA

CASSANI, J.R.; CATON, W.E. 1985. Effect of chemical and biological weed control on the ecology of a South Florida Pond. *Journal of Aquatic Plant Management*. 23:51-58.

HAYNES, R.R. 1988. Reproductive biology of selected aquatic plants. *Annals of Missouri Botanical Garden*. 75:805-810

JOYCE, J.C.; LANGELAND, K.A.; VAN, T.; VANDIVER, V.V. 1990. *Hydrilla*, sedimentation and tuber. *Aquaphyte*. 10(1):3

KLUSSMANN, W.G.; NOBLE, R.L.; MARTYN, R.D.; CLARK, W.J.; BETSILL, R.K.; BETTOLI, P.W.; CICHRA, M.F.; CAMPBELL, J.M. 1988. Control of aquatic macrophytes by grass carp in Lake Conroe, Texas, and the effects on the reservoir ecosystem. Texas Agricultural Experiment Station. Department of Wildlife and Fisheries Sciences. Texas A & M University. Texas, U.S.A. 61 p.

SPENCER, D.F.; ANDERSON, L.W. 1986. Photoperiod responses in monoecious and dioecious *Hydrilla verticillata*. *Weed Science*. 34: 551-557

SUTTON, D.L.; VANDIVER, V.V. 1986. Grass carp: a fish for biological management of *Hydrilla* and other aquatic weeds in Florida. Bulletin 86. Florida Agricultural Experiment Stations. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville. U.S.A. 10p.

VANDER ZWEERDE, W. 1990. Biological control of aquatic weeds by means of phytophagous fish. *In: Pielerse A.H. & K.J. Murphy (eds.). Aquatic Weeds*. Oxford University Press. Inglaterra. pp:201-220