

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR-

SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA

División de Investigación

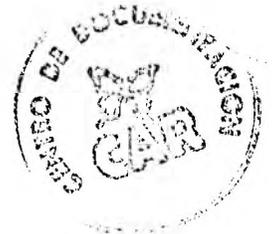
LA CARPA HERBÍVORA TRIPLOIDE (*Ctenopharyngodon idella*) COMO MEDIO DE  
CONTROL DE MALEZAS ACUÁTICAS.

Revisión Bibliográfica

Presentada por  
Alvaro Fernán Castellanos Echeverría  
Helda Granados Pardo



Santa Fe de Bogotá, Mayo de 1999



## CONTENIDO

1.- Introducción	1
2.- Descripción de la Especie	4
2.1.- Conformación Corporal	4
2.2.- Hábitos Alimenticios	4
2.3.- Digestión	8
2.4.- Reproducción	8
2.5.- Desarrollo	10
2.6.- Triploidía	11
3.- Control de Malezas	12
3.1.- Densidad de Siembra	13
3.2.- Costos de Siembra	21
4 Consideraciones Ambientales	22
5.- Necesidades de Investigación	26
6.- Bibliografía	28



## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Algunas especies de algas consumidas por la Carpa Herbívora ( <i>Ctenophryngodon idella</i> ) en orden aproximado de preferencia	7
Tabla N° 2.- Edad y peso a la madurez sexual de la Carpa Herbívora ( <i>Ctenophryngodon idella</i> ) a diferentes temperaturas	8
Tabla N° 3.- Edad, peso y longitud de la Carpa Herbívora ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> ).	10
Tabla N° 4.- Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la temperatura del agua	15
Tabla N° 5.- Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la densidad de la vegetación acuática	15
Tabla N° 6.- Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la distribución de la maleza acuática	16
Tabla N° 7.- Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con sus preferencias alimenticias	17
Tabla N° 8.- Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con el objetivo del estanque	19
Tabla N° 9.- Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con el tiempo para lograr la meta de control	20
Tabla N° 10.- Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con su tamaño	20

## 1.- INTRODUCCIÓN

La eutroficación, es decir el crecimiento acelerado y masivo de la vegetación acuática, es un fenómeno que presentan gran número de cuerpos de agua en nuestra jurisdicción, causado principalmente por sus altos contenidos de materia orgánica. Esta materia, que actúa como "fertilizante", acelera el desarrollo de algas, en especial de aquellas con alto potencial de crecimiento, que invaden y degradan el ambiente acuático, reduciendo la población de especies de flora y fauna nativos al ocupar su espacio (Sutton, 1977) y confieren, a lagos y corrientes, la desagradable apariencia de depósitos de materiales en descomposición.

Otros problemas derivados de este fenómeno comprenden la reducción de la capacidad de conducción o almacenamiento de agua, la obstrucción de las tomas en plantas hidroeléctricas y acueductos, la invasión de canales en los sistemas de riego y la aceleración del proceso de sedimentación. Esta vegetación, que se comporta como una maleza, proporciona refugio a vectores de enfermedades humanas y animales y cuando crece formando masas cerradas, pueden impedir la circulación de embarcaciones haciendo las actividades de recreación difíciles o imposibles y en ocasiones peligrosas.

La sucesión de los problemas descritos es más grave cuando se trata de especies exóticas y altamente invasoras como la Elodea Brasileira (*Egeria densa*) y el Buchón o Jacinto Acuático (*Eicchornia crassipes*), presentes en casi todos nuestros cuerpos de agua. Otras especies con las mismas características son la Hidrila (*Hydrilla verticillata*), la Elodea Americana (*Elodea canadensis*) y la Rompemolinos (*Myriophyllum spicatum*), que no se han detectado en cantidades importantes en nuestra jurisdicción.

La necesidad de solucionar los problemas generados por estas algas alrededor del mundo, ha conducido al desarrollo de diferentes sistemas de control que pueden clasificarse como físicos, mecánicos, químicos y biológicos.



Los medios físicos generalmente consisten en cubrir el fondo con plástico para impedir el enraizamiento o bien colocarlo sobre la superficie del agua para impedir el paso de la luz y la fotosíntesis. Este efecto se obtiene también con colorantes en el agua que disminuyen la cantidad de luz disponible para las plantas. Sus resultados generalmente son buenos pero requiere una importante inversión en mano de obra y materiales por lo que se usan solamente en pequeños estanques.

Los medios mecánicos consisten en la extracción de malezas con herramientas manuales o mediante maquinaria. El primero se usa en pequeños reservorios y el segundo cuando deben disponerse de grandes volúmenes de material. En general es un método costoso pues requiere de labor constante para eliminar la maleza que se regenera rápidamente después de cada corte, sumado a los altos costos de adquisición, operación y mantenimiento de la maquinaria requerida.

Los medios químicos consisten en la aplicación de herbicidas que matan las malezas. Algunos de estos compuestos eliminan otros tipos de vegetación deseable y pueden tener impactos nocivos sobre la fauna. Por lo general el costo de los herbicidas es alto y frecuentemente se presentan problemas para obtenerlo regularmente en el comercio.

El control biológico emplea los enemigos naturales de la maleza, como insectos o peces, que son sembrados para mantenerlas en una densidad baja y a costos menores, si se comparan con los otros métodos.

Hasta el momento, los peces se han utilizado con mayor frecuencia pues reúnen las siguientes ventajas:

- Larga duración del método una vez se ha establecido. ( Brunson, 1997)
- Alta efectividad contra algunas especies de algas. (Sutton, 1977)
- Baja demanda de mano de obra y eliminación de tratamientos repetidos. (Brunson, 1997)
- Bajos costos a largo plazo. (Sutton, 1977)

- Potencial para convertir las malezas en carne de pescado, que contiene proteína de alto valor biológico para consumo humano.

Las desventajas pueden resumirse en:

- Condiciones ambientales de alta contaminación que no permitan la supervivencia de los peces.
- Asimilación, por los peces, de contaminantes que puedan resultar peligrosos cuando su carne es consumida por la población.
- Hábitos alimenticios que orienten el consumo de la especie seleccionada hacia vegetación diferente de la que se desea controlar.

Entre las especies de peces utilizados con mayor frecuencia destacan la Tilapia azul (*Tilapia aurea*) y la Tilapia roja (*Tilapia zillii*) (Stratford y James, 1998), pero la Carpa Herbívora triploide (*Ctenopharyngodon idella*), ha dado los mejores resultados por su capacidad para consumir grandes volúmenes de material (Hutchings, 1998). Adicionalmente, su condición triploide le impide reproducirse, evitando los riesgos derivados de su eventual proliferación, siendo esta característica objeto de revisión más adelante en este trabajo.

La Carpa Herbívora fue introducida, con el fin de controlar malezas acuáticas, en numerosos países como Japón, Sri Lanka, India, la Isla de Formosa, Gran Bretaña, Israel, Alemania, Holanda, México, varios países de Europa del este, Malasia; Hong Kong, Vietnam, Tailandia, algunos de los cuales poseen condiciones tropicales comparables a las colombianas. A los Estados Unidos llegó por primera vez en noviembre de 1963, importada a la Estación Experimental de Piscicultura de Stuttgart, Arkansas, en cooperación con la Universidad de Auburn, para estudiar su habilidad en el control de la *Hydrilla verticillata* (Greenfield, 1972).



## 2.- DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La Carpa Herbívora es originaria de lagunas y ríos en la región de Amur en Siberia, donde recibe el nombre de Amur Blanco; así como de China al sur del río Chu donde se la conoce como Waan Ue y es frecuente en los ríos asiáticos que desembocan en el Océano Pacífico entre los 50° y 23° de latitud norte (Sutton, 1977).

En países de oriente la Carpa Herbívora forma parte de la cultura piscícola, pues su carne es de buen sabor y es una importante fuente de proteína para consumo humano.

### 2.1.- Conformación Corporal

La Carpa Herbívora posee cuerpo oblongo y alargado con cabeza ancha y redondeada, el dorso es de color gris oscuro y los costados son de color gris claro con un ligero tono dorado. El pecho posee escamas grandes amarillo grisáceas. Las aletas son de gris verdoso a café claro y tienen escamas en su base. Los dientes fueron reemplazados por una estructura especializada llamada diente faringeal localizado al fondo de la faringe, que usa para macerar el forraje. (Hutchings, 1998).

En contraste, la Carpa común (*Cyprinus carpio*) presenta un cuerpo robusto y corto, comprimido lateralmente, de color verde oliva en el dorso y amarillento en el vientre con un matiz rojizo en la cola. Algunas especies de Carpa varían de color negruzco a grisáceo en el dorso, con los lados plateados. Son de notarse las barbillas en las comisuras de la boca. En general todas las especies de Carpa Común (*Cyprinus*) producen carne de sabor poco agradable.

### 2.2.- Hábitos Alimenticios

Los alevinos, dedinos (peces del tamaño de un dedo) y juveniles de Carpa Herbívora son omnívoros que consumen una gran variedad de alimentos entre los que se encuentran insectos, zoo y fitoplancton, *Daphias* (Pulga de Agua), gusanos tubifex, moluscos, rotíferos, larvas de varias clases, lombrices, pequeños peces,



algas de varias clases y alimento comercial para piscicultura (Cross, 1969; Stevenson, 1965; Hora y Pillay, 1962; Nikolskii, 1954).

Estos hábitos omnívoros cambian a medida que el pez crece, orientándose hacia el consumo de los brotes tiernos de gran variedad de algas, alimento preferido por los animales adultos, especialmente de especies como la Hidrila (*Hydrilla verticillata*) la Elodea Americana (*Elodea canadensis*) y la Elodea Brasileira (*Egeria densa*) entre otras (Sutton y Vernon, 1986).

La Carpa Herbívora adulta puede alimentarse también de plantas terrestres que van desde hojas de plátano hasta recortes de pastos, lo que ha facilitado su explotación comercial intensiva en estanques. Normalmente puede vérsela en aguas poco profundas, alimentándose con el dorso y la cola sobresaliendo de la superficie. (Sutton y Vernon, 1986).

En estudios realizados en la Universidad de Auburn (Lewis, 1998) con Carpa Herbívora conviviendo en lagos con otras especies de peces de presa, mostraron que su contenido estomacal estaba formado por 84% de macrófitas, 9% de insectos y 7% de alimento comercial para trucha, mientras que las especies predadoras que convivieron con la Carpa Herbívora como la Lubina de Boca Grande, la Lubina Manchada, la Lubina de Ojo Rojo, el Bagre de Canal y la Carpa Israelí, se alimentaron básicamente de insectos. La presencia de altos porcentajes de insectos en el contenido estomacal de las otras especies indica que este alimento estaba disponible en grandes cantidades, pero la Carpa Herbívora se alimentó mayoritariamente de algas.

Tang (1960), menciona que estas preferencias pueden cambiar cuando la disponibilidad de macrófitas es baja o en ausencia de competidores, es decir cuando son abundantes otros tipos de alimento que no son consumidos por la fauna local, pero las variaciones de este tipo son difíciles de predecir.

La habilidad de la Carpa Herbívora para consumir y utilizar plantas acuáticas depende de su tamaño y su edad además de la especie de planta consumida, su

localización en el cuerpo de agua y su abundancia. Por esto, la estimación de las tasas de consumo del pez adulto es difícil de realizar y presenta variaciones amplias según diferentes autores.

Stott (1967) menciona que la Carpa Herbívora adulta consume diariamente alimento que varía entre el 40 y 70% de su peso corporal. Este consumo es proporcionalmente mayor cuando el animal es pequeño, como lo consigna Chang (1977) en experimentos realizados en Indonesia con animales de 5 g de peso promedio, que consumieron 130% de su peso diariamente de Hidrila (*Hydrilla verticillata*) y de hierba de pato (*Lemna perpusilla*).

La gran variedad de especies que puede consumir la Carpa Herbívora llevó a varios autores a investigar sus preferencias por las más frecuentes. Los resultados correspondientes se condensan en la tabla N°. 1 (Pág. 7)



Tabla N°.1: Algunas especies de algas consumidas por la Carpa Herbívora ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> ) en orden aproximado de preferencia.		
Orden de Preferencia	Nombre Común	Nombre Científico
1	Hidrilla	<i>Hydrilla verticillata</i>
2	Hierba almizcle	<i>Chara spp</i>
3	Maiad del sur	<i>Najas guadalupensis</i>
4	Elodea brasilera	<i>Egeria densa</i>
5	Elodea americana	<i>Elodea canadensis</i>
6	Water-meal	<i>Wolffia spp</i>
7	Hierba de pato	<i>Lemna spp, Spirodela spp</i>
8	Azolla	<i>Azolla caroliniana</i>
9	Malezas de Charca	<i>Potamogeton spp</i>
10	Coontail	<i>Ceratophyllum demersum</i>
11	Hierba torpedo	<i>Panicum repens</i>
12	Aloe acuático	<i>Stratiotes aloides</i>
13	Watercress	<i>Nasturtium officinale</i>
14	Rompemolinos	<i>Myriophyllum spicatum</i>
15	Valisneria	<i>Vallisneria americana</i>
16	Pluma de loro	<i>Myriophyllum aquaticum</i>
17	Cola de gato	<i>Typha spp</i>
18	Jacinto acuático	<i>Eicchornia crassipes</i>
19	Lechuguilla	<i>Pistia stratiotes</i>
20	Lirio acuático	<i>Nymphaea spp</i>
21	Lotos	<i>Nuphar spp</i>

Estos resultados se han obtenido en estudios realizados en Estados Unidos y Canadá. En nuestros cuerpos de agua se han reportado algas nativas como *Ludwigia*, *Polygonum*, *Hydrocotyle*, *Galium*, *Typha*, *Rumex*, *Potamogeton* y *Myriophyllum*. La Elodea (*Egeria densa*) y el Buchón o Jacinto Acuático (*Eicchornia crassipes*) son especies invasoras, pero hasta el momento no se han realizado estudios similares en nuestro medio para conocer sus preferencias por uno u otro tipo de algas.



### 2.3.- Digestión

Hickling (1966), en un estudio completo sobre las características de la Carpa Herbívora, menciona que su tracto digestivo es extremadamente corto para un pez herbívoro y que, a temperaturas entre 28 y 30°C, el material vegetal pasa en menos de ocho horas, quedando el 50% sin digerir. La materia fecal semidigerida proporciona sustento directa o indirectamente a una enorme cantidad de biomasa y estimulan un gran crecimiento del plancton (Stroganov, 1963). Debido a esta digestión incompleta, la Carpa Herbívora debe consumir grandes cantidades de vegetación para satisfacer sus necesidades nutricionales; de allí su efectividad para controlar algunas especies de algas.

### 2.4.- Reproducción

La edad a la cual la Carpa Herbívora alcanza su madurez sexual está ligada con la temperatura promedio del agua, de manera que los datos difieren entre autores. Así, Chang (1977) y Greenfield (1972) mencionan diferentes pesos y edades para diferentes países y condiciones ambientales. Algunos de estos datos se resumen en la tabla N° 2.

Tabla N° 2.- Edad y peso a la madurez sexual de la Carpa Herbívora ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> ) a diferentes temperaturas.			
Edad (Años)	Peso (Kg.)	Temperatura Promedio del Agua (°C)	Lugar
1.0	2.3	25 – 28	Malasia
1.0 – 1.2	2.0 – 5.0	28	Malasia
4 – 5	6.0 – 8.0	20 – 25	Sur de China
5 – 8	8.0 – 10.0	17 – 23	Israel
9	6.5 – 7.0	16 – 21	Siberia

En esta tabla puede observarse que la edad a la que se presenta la maduración sexual es menor a medida que la temperatura promedio del agua es más alta, alcanzando una diferencia de 8 años cuando se presentan variaciones de 4 a 11°C en la temperatura promedio del agua.

Una vez alcanzada la madurez sexual, se realiza la postura de huevos, generalmente en corrientes cuya velocidad varía entre 1.0 y 1.7 m/seg. Los sitios preferidos para hacerlo, en sus lugares de origen, son los tramos de corriente después de grandes rápidos. (Nair, 1968).

Nikolskii (1954), encontró hembras que desovaron en corrientes que se desplazaban entre 0.6 y 1.5 m/seg. a temperaturas superiores a 20°C, mientras Lin (1935), menciona que se presentó desove en época de crecientes, después de grandes lluvias, que elevaron el nivel del agua entre 1.0 y 1.2 m en 12 horas a temperaturas de 26° a 30°C.

Esta especie presenta una migración reproductiva en grandes bancos que sucede entre abril y mediados de agosto en los ríos de Siberia y entre finales de mayo y mediados de junio en China. En estos bancos migratorios los machos y hembras nadan entremezclados y, llegado el momento, se estimulan sus regiones urogenitales para inducir la liberación de los huevos y el esperma y lograr la fecundación (Chaparro, 1988).

Existen pocos datos sobre la cantidad de huevos por postura pero las hembras de mayor tamaño producen mayor número de huevos. Nair (1968) encontró que una hembra de 7.5 Kg. de peso contenía alrededor de 100.000 huevos que, presumiblemente, son liberados en dos o más posturas. Los huevos fertilizados se mantienen suspendidos en las capas medias del agua y son arrastrados por la corriente. La eclosión sucede entre 16 y 30 horas después de la fertilización, dependiendo de la temperatura del agua. Poco después de la eclosión las larvas nadan activamente alimentándose de zoo y fitoplancton (Lin, 1935).

Debido a que la Carpa Herbívora no se reproduce de manera natural en estanques, se induce la maduración de los huevos y el esperma mediante la aplicación de extracto hipofisiario de pez (EPC) en dosis que para las hembras es de 0.5 mg. por kg. de peso, seguida de una segunda dosis de 5.0 mg. por kg. de peso 16 horas después. Los machos reciben dosis única de 2.5 mg. por kg. de peso. El tiempo de



respuesta a la inyección de EPC. varía de 9 a 11 horas. (Chaparro, 1988; Woynarovich, 1987).

Una vez aplicado el EPC se llevan dos machos por cada hembra a canales de confinamiento donde se realiza la parte final del cortejo que incluye el estímulo mutuo de la papila urogenital. Para evitar que la hembra libere los huevos durante el cortejo, se le realiza una sutura en esta papila. En la etapa final del cortejo, se retira la sutura y se realiza la extrusión a hembras y machos. (Chaparro, 1988).

La técnica para la extrusión de los huevos y el esperma es similar a la aplicada en la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y consiste en presionar suavemente la región abdominal para que salga la orina hasta que fluyan los huevos para ser recogidos en recipientes plásticos limpios y secos; a los machos se les presiona suavemente en la parte baja del abdomen en sentido antero-posterior para obtener el esperma que debe verterse directamente sobre los huevos mezclando cuidadosamente por tres minutos. Para favorecer la fertilización se agrega una solución de carbamida y posteriormente agua para hidratar la mezcla. Estas operaciones deben llevarse a cabo en un lugar protegido de la luz (Chaparro, 1988; Contreras y otros, 1985).

## 2.5.- Desarrollo

Stevenson (1965) y Greenfield (1972), trazan un perfil de crecimiento cuyos datos se condensan en la tabla N° 3. Esta tasa de crecimiento es de 2 a 3 veces superior al presentado por la Carpa Común (*Cyprinus carpio*) bajo condiciones similares.

Tabla N° 3: Edad, peso y longitud de la Carpa Herbívora ( <i>Ctenopharyngodon idella</i> ).			
Edad (Años)	Peso (Kg.)	Longitud (cm)	Autor
0.5	0.049	8	Stevenson 1965
1.0	0.372	28	Stevenson 1965
1.0	1.8	50	Greenfield 1972
1.5	2.7	65	Stevenson 1965
5 - 6	7.0	150	Greenfield 1972

## 2.6.- Triploidía

La triploidía es una modificación genética inducida a las ovas fertilizadas que produce un juego extra de cromosomas, resultando en individuos incapaces de reproducirse durante su vida adulta.

La incapacidad de estos peces para reproducirse toma importancia cuando se introducen en ecosistemas diferentes a los de su origen, evitando los riesgos de su eventual proliferación, que pueda convertirlos en una plaga que amenace la flora y fauna nativos.

La Carpa Herbívora triploide es una excelente opción como control biológico de malezas por las ventajas que posee. El individuo normal o diploide ( $2n$ ) tiene 48 cromosomas y puede reproducirse, mientras que el individuo triploide ( $3n$ ) tiene un juego extra de cromosomas, totalizando 72 y es estéril. La capacidad de consumo y control de malezas acuáticas en ambos casos es similar. (Shireman y Smith, 1983).

Las técnicas requeridas para la producción controlada de Carpa Herbívora diploide o triploide es básicamente la misma, con la excepción de que se induce la triploidía a los huevos fertilizados mediante choques de calor, frío o presión para obtener el juego extra de cromosomas (Sutton y Vernon, 1986). Los métodos usados en la actualidad producen entre el 80 y el 95% de individuos triploides, quedando entre un 5 y un 20% de individuos diploides y potencialmente fértiles (Brunson, 1997).

Los choques fríos se aplican a los huevos fertilizados sometiéndolos a temperaturas de 10 a 13°C durante 30 minutos y en los choques calientes se usan temperaturas de 39 a 42°C durante 3.5 a 4 minutos (Bunges y otros, 1993; Don y otros, 1987). Transcurrido el tiempo del choque térmico, los huevos tratados se llevan a una incubadora a 28°C hasta la eclosión.

En los programas de control de malezas mediante Carpa Herbívora triploide es necesario verificar la triploidía en cada individuo a sembrar. Para esto pueden realizarse exámenes como el llamado Cariotipo que permite contar el número de

cromosomas (Silva y otros, 1991), o utilizar un contador Coulter, para medir el núcleo de células sanguíneas que será mayor en los triploides como resultado de su mayor número de cromosomas (Sutton y Vernon, 1986).

En los Estados Unidos este examen es exigido por la ley a los productores de alevinos, de modo que puedan garantizar que cada individuo para siembra sea estéril. En algunos Estados esta prueba debe ser repetida por la autoridad de control ambiental a una muestra de cada embarque, antes de ser entregados al comprador. La ley de ese país impone multas en dinero y cárcel a los productores o expendedores cuyos embarques contengan individuos diploides. (Vandiver, 1998).

### 3.- CONTROL DE MALEZAS

Para lograr un buen control de las malezas acuáticas, los peces deben ser sembrados en número suficiente para que su tasa de consumo exceda la tasa de crecimiento de la vegetación. Como ambas tasas dependen de varios factores, es necesario considerar las condiciones particulares de cada estanque, en aspectos como la clase, densidad y distribución de las malezas, la temperatura y las preferencias alimenticias de la Carpa Herbívora entre otros, a fin de calcular la densidad de población a sembrar, es decir, el número de animales que deben ser introducidos por unidad de superficie de espejo de agua.

Entre los factores que afectan la tasa de consumo en mayor medida, está la temperatura del agua. Los estudios realizados indican que el consumo de vegetación es alto por encima de los 18°C, moderado cuando el agua está entre los 13° y los 18°C y es limitado por debajo de los 13°C (Sutton y Vernon, 1986; Chang, 1977).

Las preferencias alimenticias de la Carpa Herbívora es otro factor determinante de su tasa de consumo. Sutton y Vernon, (1986) y Chang (1977) las estudiaron encontrando una marcada preferencia por las algas mas blandas. Dentro de esta categoría se incluye a la Elodea (*Egeria densa*) que causa serios problemas en

nuestro medio. Los resultados de estos autores coinciden para las especies que se encontraron en ambos estudios y que están listadas en la Tabla N°. 1

### 3.1.- DENSIDAD DE SIEMBRA

En vista de los diferentes factores que se interrelacionan e influyen en el cálculo de la densidad de siembra, se han propuesto varias alternativas. La más sencilla, llamada de siembras sucesivas, consiste en introducir un primer lote de 50 a 75 animales adultos por hectárea de espejo de agua y de acuerdo con el resultado sembrar posteriormente más carpas, hasta que se obtenga el nivel de control deseado.

En estanques con invasión masiva de malezas se requiere sembrar un elevado número de peces por hectárea, pero se corre el riesgo de asfixia durante las madrugadas o días nublados, porque los valores de oxígeno disuelto descienden a niveles peligrosos. En este caso se aconseja usar herbicidas o extracción mecánica para extraer toda la maleza posible antes de introducir los peces. (Sutton y Vernon, 1986). En caso de usar herbicidas, el descenso en los niveles de oxígeno disuelto puede ser más repentino y severo, debido a la muerte simultánea de una considerable biomasa vegetal cuya degradación consume prácticamente todo el oxígeno disponible. Es aconsejable entonces, esperar a que los niveles de oxígeno alcancen nuevamente por lo menos 3.0 ppm antes de sembrar los peces. El uso combinado de herbicidas o extracción mecánica y siembra posterior de Carpa Herbívora reduce el número de peces necesarios, porque estos deben consumir solamente los brotes nuevos, y es un método eficiente a costo razonable para control de malezas en pequeños estanques en los Estados Unidos y Canadá. (Van Dyke y otros, 1984).

Existe otro método más elaborado para calcular la densidad de siembra, propuesto por Hutchings (1998) que consiste en una base inicial de siembra de 100 Kg. de Carpa Herbívora por hectárea de espejo de agua, cifra que se ajusta sucesivamente de acuerdo a las condiciones particulares de cada caso. Para desarrollar este modelo, se siguen los siguientes pasos:

A. Cálculo del número de peces necesarios por hectárea

- Paso 1: Calcular el área del espejo de agua en el estanque.
- Paso 2: Calcular el número de peces requeridos para esta superficie.

B. Ajuste del número de peces

- Paso 3: Ajuste de acuerdo a la temperatura del agua
- Paso 4: Ajuste de acuerdo a la densidad de la maleza
- Paso 5: Ajuste de acuerdo a la distribución de la maleza
- Paso 6: Ajuste de acuerdo a las preferencias alimenticias de la Carpa Herbívora
- Paso 7: Ajuste de acuerdo al objetivo del estanque
- Paso 8: Ajuste de acuerdo al tiempo para lograr la meta de control
- Paso 9: Ajuste de acuerdo al tamaño del pez

La serie de evaluaciones del estanque y los cálculos necesarios para aplicar el modelo de Hutchings pueden ilustrarse con claridad si utilizamos un ejemplo. Con este propósito podemos tomar como base un estanque de 1.5 Ha de espejo de agua, con temperatura promedio anual de 17°C y densamente poblado de malezas principalmente de Elodea (*Egeria densa*)

El procedimiento se desarrolla con la siguiente secuencia:

- **Paso 1.** – Calcular el área del espejo de agua. En nuestro caso, el estanque ha sido medido y su área es de 1.5 Ha.

- **Paso 2.** - Calcular el número de peces requeridos para esta superficie:

Tomando el estándar establecido de 100 Kg. de Carpa Herbívora por hectárea y sembrando peces de 250 g de peso promedio, tendremos:

$$\frac{100 \text{ Kg} / \text{Ha}}{0.25 \text{ Kg} / \text{pez}} \times 1.5 \text{ Ha} = 600 \text{ peces}$$



➤ **Paso 3.** - Ajuste por temperatura: (tabla N° 4)

Considerando que en nuestro estanque la temperatura promedio del agua es de 17°C, podemos ajustar esta cantidad de peces de acuerdo con los siguientes valores:

<b>Tabla N° 4: Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la temperatura del agua.</b>	
<b>Temperatura del Agua</b>	<b>Factor de Ajuste</b>
Temperatura mayor de 18°C	Alto (X 1.0)
Temperatura entre 13 y 18°C	Medio (X 1.3)
Temperatura entre 2 y 13°C	Bajo (X 1.4)

Para 17°C corresponde el factor de ajuste medio, entonces:

$$600 \text{ peces} \times 1.3 (\text{Factor Medio}) = 780 \text{ peces}$$

➤ **Paso 4.** - Ajuste por densidad de la vegetación acuática: (tabla N° 5)

En nuestro ejemplo se presentan grandes áreas de vegetación muy densa y otras más o menos libres de ella. Ajustamos el número de peces para alta densidad de malezas, de acuerdo con los siguientes datos:

<b>Tabla N° 5: Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la densidad de la vegetación acuática.</b>	
<b>Densidad de la Vegetación</b>	<b>Factor de Ajuste</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grandes concentraciones de vegetación</li> <li>✓ Agrupamiento denso en áreas grandes</li> </ul>	Alto (X 1.0)
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pequeñas áreas cubiertas por matas densas.</li> <li>✓ Crecimiento abundante cerca de las orillas.</li> </ul>	Medio (X 0.6)
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Crecimiento disperso en el fondo y escaso agrupamiento.</li> <li>✓ Crecimiento limitado cerca a las orillas</li> </ul>	Bajo (X 0.4)



De acuerdo con esta tabla, nos corresponde el factor alto, entonces:

$$780 \text{ peces} \times 1.0 (\text{Factor Alto}) = 780 \text{ peces}$$

**Paso 5.** - Ajuste por distribución de las malezas: (tabla N°6)

En nuestro caso tenemos que la Elodea forma acumulaciones densas en el 50% al 60% del estanque. Se deben aplicar los criterios establecidos en la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Factor de ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con la distribución de la maleza acuática.	
Distribución de las Plantas	Factor de Ajuste
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vegetación distribuida en más del 50% del estanque.</li> <li>✓ Banda ancha de vegetación densa cerca de las orillas.</li> </ul>	Alto (X 1.0)
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vegetación que cubre entre el 40 y el 50% del estanque.</li> <li>✓ Vegetación dispersa cerca de las orillas.</li> </ul>	Medio (X 0.8)
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vegetación que cubre el 30% o menos del estanque.</li> <li>✓ Distribuida solamente cerca de las orillas.</li> </ul>	Bajo (X 0.4)

Nuevamente nuestro factor de ajuste es alto, entonces;

$$780 \text{ peces} \times 1.0 (\text{Factor Alto}) = 780 \text{ peces}$$



➤ **Paso 6.** - Ajuste por preferencias alimenticias: (tabla N°. 7)

Dado que las preferencias alimenticias de la Carpa Herbívora son un importante factor para obtener el control de malezas deseado, se han incluido numerosas especies en la tabla N° 7 para que pueda ser aplicada en presencia de diferentes tipos de vegetación. En esta tabla las especies no están ordenadas por preferencias alimenticias sino alfabéticamente por nombre común y, en ausencia de este, por nombre científico.

<b>Tabla N°. 7.-Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con sus preferencias alimenticias</b>		
<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Factor de Ajuste</b>
Azolla	<i>Azolla caroliniana</i>	FACTOR ALTO (x 1.0)  (Especies muy apetecidas)
Cabomba	<i>Cambomba caroliniana</i>	
Elodea Americana	<i>Elodea canadensis</i>	
Elodea Brasileira	<i>Egeria densa</i>	
Hierba Almizcle	<i>Chara Spp</i>	
Hierba de Pato	<i>Lemna Sp, Spirodella Sp</i>	
Hidrila	<i>Hydrilla verticillata</i>	
Malezas de Charca	<i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Potamogeton pusillus</i> <i>Potamogeton richardsonii</i> <i>Potamogeton vaginatus</i> <i>Potamogeton zosterifromes</i>	
Maiad del Sur	<i>Najas guadalupensis</i>	
	<i>Alisma gramineun</i>	
	<i>Nitella Sp</i>	



Tabla N°. 7.- (Continuación) - Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con sus preferencias alimenticias		
Nombre Común	Nombre Científico	Factor de Ajuste
Hierba Blanca	<i>Potamogeton praelongus</i>	FACTOR MEDIO (x1.1)  (Especies medianamente apetecidas)
Hierba Torpedo	<i>Panicum repens</i>	
Pelo de Angel	<i>Eleocharis acicularis</i>	
Pluma de Loro	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	
Punta de Flecha	<i>Sagittaria Sp</i>	
Valisneria	<i>Vallisneria americana</i>	
	<i>Myriophyllum spicatum</i>	
	<i>Nasturtium officinale</i>	
	<i>Phragmites communis</i>	
	<i>Stratiotes aloides</i>	
Algas Filamentosas	<i>Spirogyra sp y otras</i>	FACTOR BAJO (X 1.3)  (Especies poco apetecidas)
Algas Planctónicas	<i>Muchas especies</i>	
Buchón, Jacinto Acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	
Cola de Gato	<i>Typha latifolia</i>	
Juncos	<i>Scirpus spp</i>	
Lechuguilla	<i>Pistia stratioides</i>	
Lirios Acuáticos	<i>Eleocharis sp, Nymphaea sp, Nuphar sp</i>	
Lotos	<i>Nelumbo sp</i>	
	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	
	<i>Jussiaea sp</i>	
	<i>Myriophyllum exalbescens</i>	
	<i>Polygonum natans</i>	
	<i>Ranaunculus circinatus</i>	
	<i>Sparganium sp</i>	
	<i>Utricularia vulgaris</i>	

Este ajuste, en general, es menos fácil por que en la mayoría de los estanques se presenta crecimiento de malezas con diferente grado de aceptación, por lo que se debe identificar la maleza dominante y tomarla como referencia para calcular el ajuste. En nuestro caso, la Elodea (*Egeria densa*) es de alta aceptación y tomamos el factor de ajuste alto, entonces:

$$780 \text{ peces} \times 1.0 (\text{Factor Alto}) = 780 \text{ peces}$$

➤ **Paso 7.** - Ajuste de acuerdo al objetivo del estanque:

Tabla N° 8: Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con el objetivo del estanque.		
Usos Posibles del Estanque	Nivel de Vegetación Deseable	Factor de Ajuste
Almacenamiento y/o piscicultura comercial	0 – 10%	Alto ( X 1.0 )
Almacenamiento, piscicultura con refugio contra predación, recreación	10 – 20%	Medio ( X 0.85 )
Pesca deportiva, refugio de fauna y reserva natural	20 – 25%	Bajo ( X 0.75 )

En nuestro estanque deseamos realizar actividades de piscicultura y/o recreación, correspondiéndonos el factor de ajuste medio, entonces:

$$780 \text{ peces} \times 0.85 (\text{Factor Medio}) = 663 \text{ peces}$$

➤ **Paso 8.** - Ajuste por tiempo para lograr la meta de control:

Es evidente que cuando se desea lograr un control más completo de las malezas, deben usarse mayor número de peces por hectárea de espejo de agua y la meta se alcanza en menor tiempo, pero se corre el riesgo de que sea eliminada toda la vegetación. Por esto daremos de 2 a 3 años para alcanzar el nivel deseado de control de acuerdo con los datos de la siguiente tabla:



<b>Tabla N° 9: Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con el tiempo para lograr la meta de control</b>		
Usos Posibles del Estanque	Tiempo de Control Aconsejable	Factor de Ajuste
Almacenamiento y/o piscicultura comercial	1 Año	Alto ( X 1.0 )
Almacenamiento, piscicultura con refugio contra predación, recreación	2 – 3 Años	Medio ( X 0.9 )
Pesca deportiva, refugio de fauna y reserva natural	3 – 4 Años	Bajo ( X 0.8 )

De acuerdo a lo planteado, la meta para nuestro caso debe alcanzarse en 2 a 3 años, correspondiendo al factor medio, entonces:

$$663 \text{ peces} \times 0.9 \text{ (Factor Medio)} = 597 \text{ peces}$$

➤ **Paso 9.** - Ajuste por tamaño del pez:

La Carpa Herbívora tiene una tasa de consumo mayor a medida que incrementa su tamaño. En la tabla N° 10 pueden observarse los factores de ajuste a usar para diferentes medidas promedio de los peces.

<b>Tabla N° 10: Ajuste del número de peces a sembrar de acuerdo con su tamaño.</b>	
Tamaño (cm)	Factor de Ajuste
7 – 15	Muy alto ( x 1.5 )
20 – 30	Alto ( x 1.0 )
36 – 50	Medio ( x 0.7 )
> 50	Bajo ( x 0.6 )

Como los peces seleccionados pesan 250 g y miden aproximadamente 15 cm nos corresponde usar el factor de ajuste muy alto, entonces:

$$597 \text{ peces} \times 1.5 \text{ (Factor Muy Alto)} = 895 \text{ peces}$$

Es decir que debemos sembrar 895 peces de 15 cm de longitud y 250 g de peso promedio en nuestro estanque de 1.5 Ha de espejo de agua, para dedicarlo a piscicultura y recreación y para controlar la infestación severa de Elodea, en el término de 2 a 3 años, conservando entre 10 y 20% de la vegetación.

### 3.2.- COSTOS DE SIEMBRA

Si bien los costos de siembra de Carpa Herbívora a largo plazo son bajos, la inversión inicial puede ser considerable, puesto que todos los costos se asumen al adquirir y sembrar los peces. A esto deben sumarse los costos adicionales necesarios para inducir la triploidía y su verificación en cada individuo, además de las mermas por mortalidad y predación.

Como esta actividad no se ha desarrollado en Colombia, los costos para nuestro país no se conocen, pero en los Estados Unidos, donde la actividad se desarrolla comercialmente, el costo es alrededor de US\$ 5.00 por pez de 12 a 15 cm. de longitud. (Stradford, 1998).

Considerando que el promedio de vida de la Carpa Herbívora es de 10 años, los costos a largo plazo serían de US\$ 0.50 por pez. Este es un costo reducido al compararlo con el uso de herbicidas por ejemplo, que en los Estados Unidos puede variar entre US\$ 250.00 y US\$ 750.00 por hectárea para una sola aplicación.

Si continuamos con nuestro ejemplo, podemos calcular los costos para controlar las malezas en nuestro estanque. La cantidad de peces calculada fue de 895 y su costo, sin adicionarle las pérdidas anteriormente mencionadas, sería:

$$895 \text{ peces} \times \text{US\$ } 5 \text{ por pez} = \text{US\$ } 4.475$$

Considerando la tasa de cambio de \$1.550 por dólar se tendrá:

$$\text{US\$ } 4.475 \times \$ 1.550 = \$ 6'936.250$$

Si la vida útil promedio de la Carpa Herbívora es de 10 años, se tendrá un costo promedio para el control de la Elodea de \$ 693.625 por año en nuestro estanque. Convirtiendo estos valores a costos por hectárea, se tendrá

$$\frac{\$ 6'936.250}{1.5 \text{ Ha}} = \$ 4'624.166 \text{ por hectárea}$$

Que equivalen a \$462.166 por hectárea y por año. Este es un costo razonable, considerando que el sistema de control requiere poca o ninguna labor una vez se ha establecido, en contraste con los demás métodos que requieren de labores constantes. Su principal desventaja consiste en que toda la inversión debe hacerse al inicio, tomando como costo diferido, el correspondiente a los años restantes.

Posiblemente, la principal desventaja de la Carpa Herbívora triploide como agente de control de malezas acuáticas, sea su costo, si tomamos como referencia los correspondientes a USA, pero pueden ser sustancialmente menores si se implementa la técnica para la inducción de la triploidía y se producen los ejemplares localmente.

#### 4.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Courtenay (1993), en un documento en el que estudia la contaminación biológica, sostiene que la introducción de especies no nativas en los ecosistemas, genera impactos a la biota nativa que inicialmente pueden ser leves, pero que a largo plazo pueden llegar a la extinción de especies por competencia de recursos, predación, transferencia de patógenos, hibridación o alteración del hábitat. Graham (1994), luego del análisis de múltiples casos concluye que *"cuando se introduce una especie en un área donde no ha vivido antes, es casi imposible predecir las consecuencias, y lo único cierto es que tiene éxito o falla por completo. Si tiene éxito, es por que compite con ventaja con las especies que ocupan los mismos nichos en ese ecosistema, lo cual las convierte en una amenaza para ellas"*.



Moyle y Light (1996), concuerdan con estas apreciaciones afirmando que cuando las especies introducidas tienen éxito, frecuentemente se convierten en un problema y han desarrollado algunas reglas para predecir el efecto invasivo. Afirman que, virtualmente, cualquier especie se puede convertir en invasora y que cualquier ecosistema puede ser invadido y concluyen que los más dramáticos efectos ocurren cuando la especie introducida es piscívora o herbívora, y/o cuando el ecosistema invadido posee baja diversidad natural.

Miller y otros (1989) reportan que en USA, durante los pasados 100 años se han extinguido 3 géneros, 27 especies y 13 subespecies de peces. En el estudio encontró que en el 82% de los casos, la extinción involucró varios factores y que en el 68% de estos casos se encontraron especies no nativas, confirmando la correlación entre desaparición de especies nativas y la introducción de especies nuevas en el hábitat. Ota (1993), en una revisión sobre el tema de fauna y flora introducida a USA, reporta la presencia de 4.500 especies foráneas que están libremente esparcidas y 900 de estas (20%) han causado serios reveses económicos y ecológicos.

Es, por tanto, necesario ubicar el problema en las especies consideradas realmente peligrosas por su capacidad para alterar el ecosistema. Entre las carpas que ocupan esta categoría destacan la Carpa Común (*Cyprinus carpio*) y otros *Cyprinidos* estudiados por Moyle y Kuehn (1964), quienes las califican como los "superanimales", por su capacidad de modificar el hábitat. Son animales omnívoros, cuyos juveniles consumen principalmente pequeños invertebrados como anélidos, insectos y moluscos, e inclusive huevos de otros peces, mientras que los adultos se alimentan de plantas acuáticas, tanto flotantes como arraigadas.

La dispersión de la Carpa Común (*Cyprinus carpio*) en Canadá, se halla bien documentada, y quince años después de introducida al centro de ese país, Moyle y Kuehn (1964), resumían la presencia de la especie diciendo "*Las carpas, tienen hábitos nómadas y vagan aparentemente sin causa dentro de todas las aguas accesibles, así pues, si se les introduce en cualquier arroyo se difunden*

*rápidamente por todo el sistema hidrográfico como malezas indeseables, siendo prácticamente imposible limitar su avance o efectuar su erradicación”.*

Gutiérrez (1996), menciona que, a pesar de existir la prohibición para la siembra de *Cyprinidos* en aguas naturales de Colombia, se han detectado en las Cuencas del Magdalena, Amazonas, Cauca, en lagunas de la Sabana de Bogotá, y aunque no han establecido poblaciones de tamaños significantes, la captura de individuos de 16 libras en la Cuenca del Magdalena y de 10 libras en el embalse del Neusa deben llamar a la reflexión.

A pesar de que la Carpa Herbívora no se encuentra dentro de esta categoría, los investigadores que se han ocupado de estudiar sus impactos ambientales como Greendfield (1972), recomiendan precaución al liberarla pues plantean que esta especie puede competir directa e indirectamente con la fauna nativa. La competencia directa se daría entre juveniles de Carpa Herbívora y las especies nativas que se alimentan principalmente de invertebrados, o entre la Carpa adulta y las especies nativas cuya principal fuente de alimentación son las plantas acuáticas. La competencia indirecta se daría por la reducción o eliminación de las algas disponibles para peces y avifauna nativos y que, además de alimento, proveen sitios para el desove y dan refugio contra la predación. Otros autores como Cross, (1969); Stevenson; (1965) y Lin, (1935) recomiendan precaución antes de sembrar Carpa Herbívora fértil en sistemas naturales de lagos y ríos. Estos autores mencionan que es efectiva en el control de numerosas especies de algas en estanques, reservorios y canales de irrigación donde deben usarse solamente las triploides y bajo estrictas regulaciones legales.

Sin embargo, y de acuerdo con investigaciones más recientes, las consideraciones anteriores no parecen ser extensivas para la siembra de Carpa Herbívora en grandes lagos o ríos pues, si bien es cierto que se conoce poco sobre sus efectos en estos ecosistemas, lo que se sabe indica que los impactos adversos son sustancialmente menores que los esperados bajo las premisas generales sobre la introducción de especies nuevas en los ecosistemas. Esto es confirmado por los



estudios realizados en los lagos Baldwin en Florida y Conroe en Texas, que revelaron solamente impactos mínimos en la pesca deportiva, aunque gran parte de la vegetación fue eliminada por la Carpa Herbívora, sembrada inicialmente para el control de Hidrila (*Hydrilla verticillata*). Otros estudios realizados en el lago Marion en Carolina del Norte proveen información para apoyar el uso de Carpa Herbívora triploide para el control de malezas acuáticas, como una práctica ambientalmente sana. (Stratford y James, 1998).

Tampoco existe evidencia para apoyar la hipótesis de que los peces sembrados puedan escapar y migrar dañando la vegetación deseable en lugares lejanos al cuerpo de agua en que fueron introducidos. En el río Arkansas se liberó Carpa Herbívora fértil (diploide) y han sido capturados ejemplares en el río Mississippi y sus tributarios; también fueron liberadas carpas fértiles en el lago Conroe (Texas) y han sido capturadas corriente abajo de sus ríos de desagüe, sin embargo en estos lugares no se han visto impactos negativos hasta el momento. (Stratford y James, 1998).

Por otra parte, y considerando que la experiencia estadounidense sobre especies introducidas registra que el 20% de ellas ha producido impactos en los ecosistemas, entre las cuales no se encuentra la carpa herbívora, permite plantear que esta especie puede ser manejada en nuestro medio para controlar malezas acuáticas con poco riesgo, siempre y cuando sea con individuos triploides, y realizando estudios previos que permitan evaluar no solo su desempeño como factor de control de malezas sino su adaptación sin causar daño a los ecosistemas.

En Colombia se ha tenido poca o ninguna experiencia con esta especie, conociéndose solamente de una importación de individuos fértiles que actualmente se encuentran confinados en jaulas en la represa del Neusa, bajo custodia de la CAR y que bien podrían servir como base para los estudios de desempeño necesarios en nuestro medio.

## 5.- NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Como se ha visto en este documento, la Carpa Herbívora triploide se considera una buena opción para el control de malezas acuáticas en numerosos países donde se ha sembrado en canales, reservorios y estanques y ha sido ensayada con éxito en grandes cuerpos de agua afectados por este problema.

La causa de la eutroficación que nos afecta, en especial en el altiplano cundiboyacense, no son las malezas acuáticas en sí mismas, sino el alto contenido de nutrientes en el agua que estimulan su desarrollo. En consecuencia, la solución en el largo plazo debe apuntar a reducirlos. Dados los altos costos involucrados en este proceso, se proponen soluciones en el corto y mediano plazos que están dirigidos a controlar su crecimiento y mantener su población dentro de límites que permitan un funcionamiento saludable de estos ecosistemas acuáticos.

Dentro de esta perspectiva, se hace evidente que una sola técnica de control, como la extracción mecánica de la Elodea por ejemplo, es insuficiente y costosa debido a su rápida regeneración después de cada corte. Sin embargo, el uso simultáneo de Carpa Herbívora triploide puede mejorar grandemente sus resultados, porque este pez consumirá principalmente los brotes tiernos producidos como respuesta al corte y que constituyen la porción preferida de su dieta, prolongando considerablemente su tiempo de recuperación.

Mediante la siembra y estudio de la cantidad de peces necesarios para lograr un control de la población de Elodea, puede llegarse a un punto de equilibrio, es decir, a una densidad de vegetación mas o menos constante que permita un ecosistema acuático más diverso y en condiciones ambientales más sanas.

Sin embargo, la capacidad de la Carpa Herbívora para lograr este objetivo debe ser evaluada en nuestro medio antes de iniciar un plan de control basado en su uso y de utilizar recursos humanos y económicos con este fin.

El trabajo inicial que se propone, para la laguna de Fúquene gravemente afectada, debe ser la evaluación de su capacidad de consumo en esas condiciones de temperatura y población de algas, especialmente de Elodea en relación con otras especies presentes, que produzca información sobre el número de individuos necesarios para lograr el nivel de control deseado y sobre su capacidad de alteración del ecosistema, además de la estimación de los posibles costos de esta práctica.

Este trabajo puede desarrollarse en áreas previamente seleccionadas, que son cerradas con redes de superficie a fondo, en las cuales se ha estimado previamente la densidad y variedad de algas presentes. En dichas áreas se sembrará Carpa Herbívora en diferentes densidades y se estudiará periódicamente la evolución de la vegetación, para obtener conclusiones sobre su capacidad de control.

Estas conclusiones a su vez, permitirán una estimación aproximada de los costos de control por unidad de superficie, que pueden ser extrapolados para superficies mayores. Es posible también que estas estimaciones puedan ser aplicadas posteriormente a otros cuerpos de agua que presentan problemas similares, aunque menos graves.

De acuerdo con los resultados del trabajo propuesto, se podrá estudiar la factibilidad técnica y económica para implementar en Colombia la metodología de producción de individuos triploides que, indudablemente, resultará menos costosa que la importación de los peces necesarios para un programa de control en grandes cuerpos de agua como la Laguna de Fúquene, en razón de que esta técnica ya está estandarizada en otros países en donde se producen comercialmente.



## 6. BIBLIOGRAFIA

BRUNSON, M.:1997. Aquatic Weed Control Using Grass Carp. Extension Service, Mississippi State University. [http://www.ces.msstate.edu/pubs/is\\_1556.html](http://www.ces.msstate.edu/pubs/is_1556.html)

BUNGES, M., CUSSAC, V.: 1993 Manipulación genética en los cultivos de trucha Arco Iris. Posibilidades de aplicación. Red de Acuicultura, CIID-Canadá. Santa Fe de Bogotá. Vol. 7, :5-10.

COURTENAY, W. Jr.: 1993. Biological Pollution Through Fish Introduction. In: Biological Pollution: The control and Impact of Invasive Exotic Species. Proceedings of a Symposium, Indiana Academy of Science. B.N. Mcknight Editor Indianapolis.

CROSS, D. G.: 1969. Aquatic Weed Control Using Grass Carp. J. Fish. Biol. (1): 27-30

CHANG, T.: 1977. The Possible Use of Chinese Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) For Aquatic Weeds Control. BIOTROP, Bogor, Indonesia.

CHAPARRO, N.: 1982 Biología y aportes sobre el cultivo de las Carpas Herbívoras en la región con características subtropicales de la U.R.S.S.. Rev. Lat. de Acuicultura, 11: 1-36.

DON, J.; AVILATION, R.: 1987 Comparative study on the induction of triploid in tilapias, using cold and heat shock techniques. Florida. U.S.A. J. Fish Biol. 25 (2), 50-58.

GRAHAM, E.: 1994. Natural Principles of Land Use. Oxford Univ. Press, New York, N.Y.

GREENFIELD, D.: 1972. An Evaluation of the Advisability of Release of the Grass Carp, (*Ctenopharyngodon idella*), Into the Natural Waters of the United States.



Transactions Illinois Academy of Science. Department of Biological Sciences, Northern Illinois University. Dekalb, Illinois.

GUTIERREZ, F.: 1996. Consideraciones y Términos de Referencia para la Introducción y Trasplante de Organismos Hidrobiológicos Foráneos y para el Trasplante de Organismos Nativos. Doc. Borr. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá.

HICKLING. C.: 1966. On the Feeding Process in the White Amur (*Ctenopharyngodon idella*). J. Zool 148: 408 – 419

HORA, S.; PILLAY, T.: 1962. Handbook on Fish Culture in the Indo-Pacific Region. FAO Fish. Biological Tech. Pap. 14: 203 pp.

HUTCHINGS, E.: 1998. Biological Weed Control in Alberta Using Triploid Grass Carp. Alberta. Canada. <http://www.agric.gov.ab.ca./research/ari/matching/94-95/94m624.html>

LEWIS, G.: 1998. Use of Sterile Grass Carp to Control Aquatic Weeds. <http://www.forestry.uga.edu/docs/418.html>

LIN, S.: 1935. Life History of Waan Ue, (*Ctenopharyngodon idellus*) Lingnan Sci J. 14(1) : 129-135

MILLER, R.; WILLIAMS, J. and WILLIAMS, E.: 1989. Extinction of North American Fishes During the Last Century. Fisheries (Bethesda). 14(6): 22-38

MOYLE, P.; KUEHN, J.: 1964. Carp a Sometimes Villain. In Joseph P. Linduska (Editor), Waterfowl Tomorrow,.. Department of Interior, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish and Wildlife Service. Washington. D.C. p 624-635



MOYLE, P.; LIGHT, T.: 1996. Biological Invasions of Fresh Water: Empirical Rules and Assembly Theory. Biol. Cons.

NAIR, K.: 1968. A Preliminary Bibliography of the Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). FAO Fisheries Circular N° 302

NIKOLSKII, G.V.: 1954. Special Ichthyology Translation 1961. Smithsonian Institute

OTA.: 1993. Harmful Non – Indigenous Species in the United States. US Government Printing Office, Washington D.C.

SHIREMAN, J.; SMITH, C.: 1983. Synopsis of Biological Data on the Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). FAO Fisheries Synopsis N° 135.

STEVENSON, J.: 1965. Observations on Grass Carp in Arkansas Program. Fish Cult 27: 203-206

STRATFORD, H.; JAMES, A.: 1998. Using Grass Carp for Aquatic Weed Management in North Carolina. Cooperative Extension Service, North Carolina State University. <http://www.ces.ncsu.edu/nreos/wild/aquatic/grass-carp.html>

STEVENSON, J.: 1965 Observations on Grass Carp in Arkansas Program. Fish Cult 27:203-206

STOTT, B.: 1967. Aquatic Weed Control by Grass Carp in Arkansas. Program Fish Cult. 28: 23 - 30

STROGANOV, N.: 1963. The Food Selectivity of the Amur Fishes. Problems of the Fisheries Exploitation of Plant-Eating Fishes in the Water Bodies of USSR. Trudy Akad. Nauk Turkmen USSR: 181 – 191.



SUTTON, D.; VERNON, V. Jr.: 1986. Grass Carp, A Fish for Biological Management of Hydrilla and Other Aquatic Weeds in Florida. Florida Agricultural

Experimental Station, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville. Bulletin 867

SUTTON, D.: 1977. Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) in North America. Aquatic Botany 3: 157 - 164

TANG, Y.; HWANG Y.; and LIU C.: 1963. A Preliminary Report of Injection of Pituitary Hormone to Induce Spawning of Chinese Carps. Occ. Pap. Indo-Pacific Fish. Coun. 63 (14): 1-7

TANG, Y.: 1960. Reproduction of the Chinese Carps, (*Ctenopharyngodon idellus*) and *Hypophthalmichthys molitrix* in a reservoir in Taiwan. Jap J Ichthol 8: 1-2

VANDIVER, V. Jr.: 1998. Biological Control With Grass Carp. Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida.  
<http://hammock.ifas.ufl.edu/txt/fairs/2162>

VAN DYKE, J.; LESLIE, A. Jr. and NALL, L.: 1984. The Effects of the Grass Carp on the Aquatic Macrophytes of Four Florida Lakes. J. Aquat. Plant Manage. 22: 87-95

WOYNAROVICH, E.; HORVATH, L.: 1981 Reproducción Artificial de Peces de Aguas Templadas. Manual para extensionistas. FAO. Roma. Documento Técnico. N°. 185.



Centro de Documentación Ambiental

CAR



00304