

# Evaluación del crecimiento de carpa común (*Cyprinus carpio*, var. *communis*) alimentada con cerdaza ensilada\*

## Evaluation of the common carp (*Cyprinus carpio*, var. *communis*) growth fed when ensiled pig feces

Javier González Yáñez\*\*  
Ana Auró de Ocampo \*\*  
Vicente Anislao Tolentino\*\*\*

---

### Abstract

Two thousand carp (*Cyprinus carpio*, var. *communis*) with a weight of 3.81 g and 4.62 cm length were housed in three 6.3 m<sup>3</sup> aquatic pens within a 7 700 m<sup>2</sup> artificial reservoir. Fish were fed 30 kg/week of ensiled pig feces. Fish were weighed, and standard length was measured every week in order to calculate the instant growth rate. Water quality parameters were measured once a month. Results showed that after 32 weeks, carps gained 510 g weight and 12.2 cm length. The absolute growth rate was 0.054 cm, and 2.25 g per day. The Von Bertalanffy equation showed growth without getting the asymptote as expected. The theoretical potential fishing yield was 540.6 kg, which is lower than reported by other authors due to less vital space in the pens. Physical and chemical water parameters stayed between the appropriate range for fish life. With the results obtained in this study it is recommended to culture carp using ensiled pig manure both as food and an organic fertilizer.

**Key words:** CARP (*CYPRINUS CARPIO*, VAR. *COMMUNIS*), ENSILED, PIG FECES, GROWTH, FOOD.

### Resumen

Se colocaron 2000 carpas (*Cyprinus carpio*, var. *communis*), de 3.81 g de peso y 4.62 cm de longitud, en 3 jaulas flotantes de 6.3 m<sup>3</sup> en un embalse artificial de 7 700 m<sup>2</sup>. Los peces fueron alimentados con 30 kg/semana de cerdaza ensilada. Los peces se pesaron y se les midió la longitud patrón cada semana para calcular la tasa inmediata de crecimiento. Los parámetros de calidad de agua se midieron cada mes. Los resultados mostraron que las carpas ganaron 510 g de peso y 12.2 cm de longitud. La tasa absoluta de crecimiento fue 0.054 cm y 2.25 g por día. La ecuación de Von Bertalanffy mostró un crecimiento sin llegar a la asíntota como era de esperarse. La producción pesquera potencial teórica fue de 540.6 kg, la cual es menor a la descrita por otros autores, debido probablemente al poco espacio vital dentro de las jaulas. Los parámetros físico-químicos del agua permanecieron entre rangos apropiados para la vida de los peces. Con base en los resultados se recomienda el cultivo de carpa usando cerdaza ensilada como alimento y como fertilizante orgánico para el agua.

**Palabras clave:** CARPA (*CYPRINUS CARPIO*, VAR. *COMMUNIS*), ENSILADO, CERDAZA, CRECIMIENTO, ALIMENTO.

---

Recibido el 11 de julio de 2001 y aceptado el 16 de noviembre de 2001.

\* Este trabajo es parte del proyecto PAPIIT IN218798.

\*\* Departamento de Especies Productivas no Tradicionales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

\*\*\* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

## Introduction

At present, intensive pig farming causes a severe pollution problem since urine and feces disposal affects nature. The porcine industry in Mexico includes a population of about 13 million pigs.<sup>1,2</sup> Each pig produces an average of 178 kg of dry matter feces per annum.<sup>3</sup> Accumulated feces liberate ammonia, methane, carbon dioxide and sulfuric acid into the environment, and the risk of disease transmission increases.<sup>4</sup>

Organic matter in decomposition in the water increases the biochemical demand of oxygen, and aquatic organisms die due to anoxia. Nitrogen, phosphorus and potassium are dissolved quickly, and cause an increase in algae production; and this phenomenon decreases ultraviolet radiation, temperature and oxygen content in the water. The accumulation of urine and feces in the soil pollute aquifer mantles as N, P and K mineralize slowly, and can cause massive intoxication and/or eutrophication problems.<sup>5</sup> In order to solve this problem, the NOM-001ECO in 1996 legislated the maximum solid residue emission which should be emitted by pig farms. Due to this regulation, there is a need, and indeed it is compulsory to look for alternative use of pig feces, through national research and development of biotechnology in order to solve this problem.

The use of pig feces with a rich amount of minerals, nitrogen and aminoacids as fish feed and also as a food source for other animals can be one of the most efficient alternatives, as it would reduce production costs and competition for grains which are for human consumption too. There are several treatments to convert manure into feed ingredients for animals. Among these, biological anaerobic processes, including ensilage are the most economic ones. Ensilage is used to preserve ingredients by microbial fermentation, principally a lactic one,<sup>6</sup> even though some nutrients such as proteins are lost during this fermentation process.<sup>5</sup> Feces silage has many advantages: it is not expensive, controls pathogen microorganisms and bad odor, and is well accepted as feed by animals. This study was undertaken to determine the growth in carp (*Cyprinus carpio* var *communis*), and their potential fishing yield for human consumption using ensiled solid phase pig feces for this ichthyic species under a semi-intensive culture system. It was demonstrated in a previous study that when mixed cultures such as fish-pigs with a density of 3 700 fish were integrated in this type of systems, using pig feces as manure, and covering 50% of the nutritional needs of tilapia (*Oreochromis* sp) fed with a commercial product, 1.4 tons per ha per annum were produced.<sup>7</sup> Another study revealed a production ranging from 11.3 to 12.5 tons of tilapia per ha per annum in 5 months, when there was a density of 12,500 fish which could be harvested twice a year.<sup>8</sup>

## Introducción

La explotación intensiva de cerdos, constituye actualmente un grave problema de contaminación por las excretas. Simplemente, la industria porcina en México cuenta con una población aproximada de 13 millones de cerdos.<sup>1,2</sup> Un cerdo produce un promedio de 178 kg de materia seca de excretas al año.<sup>3</sup> Las heces acumuladas liberan amoníaco, metano, bióxido de carbono y ácido sulfúrico al ambiente y aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades.<sup>4</sup>

La disposición en el agua, de la materia orgánica en descomposición aumenta la demanda bioquímica de oxígeno, y los organismos acuáticos mueren por anoxia. El nitrógeno, fósforo y potasio se disuelven rápidamente, y provocan gran producción de algas, las que disminuyen la radiación ultravioleta, la temperatura y el oxígeno del agua. La acumulación de excretas en el suelo, hace que estos elementos (N, P, K) se mineralicen lentamente y contaminen los mantos acuíferos, con el riesgo de causar intoxicaciones masivas o problemas de eutroficación.<sup>5</sup> Para la solución de este problema, la NOM-001ECO, 1996, legisla la emisión máxima de residuos sólidos que deben presentar los efluentes de las granjas, lo que obliga a buscar alternativas para la utilización de las excretas. La investigación y tecnología nacionales, deben abordar este problema con el desarrollo de biotecnologías.

El uso de excretas de cerdo, ricas en minerales, nitrógeno y aminoácidos, como alimento para peces u otro tipo de animales, puede ser una de las más eficientes, ya que reduciría los costos de producción y disminuiría la competencia por granos que pueden ser destinados al consumo humano. Existen varios tratamientos para convertir al estiércol en ingrediente alimentario. Entre éstos, los procesos biológicos aeróbicos que incluyen el ensilaje son los más económicos. Este método se utiliza para conservar ingredientes por fermentación microbiana, principalmente láctica<sup>6</sup> aunque algunos nutrientes se pierden durante el proceso de fermentación, como las proteínas.<sup>5</sup> El ensilado de excretas tiene la ventaja de ser económico, controla microorganismos patógenos y malos olores y es bien aceptado por el animal consumidor. Por esta razón, este trabajo se realizó para determinar el crecimiento de carpa común y su rendimiento pesquero potencial con objeto de producir pescado para el consumidor humano, cuando se utilizó ensilado de la fracción sólida de las excretas de cerdo como alimento de esta especie íctica, en un sistema semiintensivo de cultivo. Se ha demostrado que cuando se integran los cultivos peces-cerdos en este tipo de sistemas, utilizando cerdaza como abono y cubriendo 50% de las necesidades nutricionales de la tilapia con un alimento comercial, se pudieron producir 1.4 toneladas por ha por año, cuando se utilizó una densidad de siembra de 3 700 peces.<sup>7</sup> También se han producido de

## Material and methods

This study took place in the State of Mexico (Jilotepec de Molina Enriquez) in a triangular artificial pen of approximately 7 700 m<sup>2</sup>, with a 150 m base in the southeast; 117 m in the north side; and 108 m in the west side. It included a depth of 2.1 to 3.45 m in the pen's western region, and in the eastern beach it presented depths of 0.01 to 0.50 cm. The dammed up water is fed by the No. 44 district's irrigation; its water comes from the Santa Elena, Los Quelites and Xhimojay dams. It is also watered by considerable amounts of water from underground reservoirs recharged by pluvial and fluvial water. Dammed up waters include two permanent groups of rockroses formed by tules of the gender *Cyperus* and reeds of the species *Loira latifolia* that coincided with high transparency water including floating tracheofytes of the *Nymphaea* gender.<sup>1</sup>

Texan type (cylindrical) floating PVC produced cages were used for the culture of the carp, and were covered with a nylon net (0.5 cm light) with a 2 m diameter per 1 m depth which ended in a 6.23 m<sup>3</sup> volumetric capacity. These cages were anchored to the dammed up water benthos with a steel anchor leaving approximately 5 cm above the water's surface level. Net lids were built for each cage. Weighing of the fish coincided with the cleaning of the cages using a brush to eliminate the material which had blocked the light of the net. The above mentioned tasks took place every week.

The Tezontepc de Aldama carp farm from the State of Hidalgo donated the offspring of the common carp (*Cyprinus carpio* var. *communis*). Fish had an average weight of 3.81 ± 0.44 g, and a size of 4.62 cm ± 0.74 cm (length pattern as the reference). Offspring were taken to the dammed up waters in hermetically closed polyethylene bags with water and oxygen. These bags were put in the water for 20 minutes for climatization purposes and, thereafter, were opened in order to liberate the fish in the cages, resulting in a density of 666 carp per cage. Fifty carp were weighed every week, and their average weight and growth rate were calculated with respect to the length pattern. At the end of the bioassay, 10 fish were sampled in order to count the total and coliform fecal colony, using the Petrifilm method.<sup>9</sup> Pig feces the farm's affluent were stored in a 30 m<sup>3</sup> capacity cavity. Afterwards, solids over 3 mm were separated by from pumping, and then filtrated with a cascade\* type solid separator, and were treated as follows: 20 parts of the pig feces solids were mechanically mixed with 6 parts of ground sorghum grain, 2 parts of wheat hay and 1 part of sugarcane molasses; 1 kg of each component was previously mixed manually with a wooden shovel. When the mixture was homogeneous, 1 kg of the 3 remaining components were added, and were again mixed

11.3 a 12.5 toneladas de tilapia por ha por año en cinco meses, cuando se sembraron 12 500 tilapias, pudiéndose conseguir dos cosechas al año.<sup>8</sup>

## Material y métodos

El estudio se realizó en el Estado de México (Jilotepec de Molina Enriquez) en un embalse artificial de aproximadamente 7 700 m<sup>2</sup>, de forma triangular, de 150 m de base en el sureste, 117 m en el lado norte y 108 m en el lado oeste, en la región occidental exhibe profundidades de 2.1 a 3.45 m y en la playa oriental presenta de 0.01 a 0.50 cm de profundidad. El embalse es alimentado por el distrito de riego número 44, cuya agua proviene de las presas de Santa Elena, Los Quelites y Xhimojay, también lo alimentan volúmenes apreciables de aguas subterráneas que se recargan con aguas pluviales y fluviales. El embalse posee dos agrupaciones permanentes de chuspatales formados por tules del género *Cyperus* y carrizos de la especie *Loira latifolia*, que coinciden con las aguas de mayor transparencia y donde se encuentran traqueófitas flotantes del género *Nymphaea*.<sup>1</sup>

Para la siembra de las crías de carpa se construyeron jaulas flotantes tipo tejana (cilíndricas), a base de tubo de PVC para la estructura y se cubrió con malla de nylon con luz de 0.5 cm, cuyas medidas fueron 2 m de diámetro por 1 m de profundidad, lo que dio una capacidad volumétrica de 6.23 m<sup>3</sup>. Estas jaulas se anclaron al bentos del embalse por medio de rines de hierro, dejando aproximadamente 5 cm por sobre el nivel de la superficie del agua. Se construyeron tapas de malla para cada jaula. Cada semana, coincidiendo con el pesaje de los peces se limpiaban las jaulas con un cepillo para eliminar el material que bloqueaba la luz de la malla.

Las crías de carpa común (*Cyprinus carpio*, var. *communis*) fueron donadas por la granja carpícola de Tezontepc de Aldama, Hidalgo. Los peces tenían un peso promedio de 3.81 g ± 0.44 g y una talla de 4.62 cm ± 0.74 cm (con base en la longitud patrón). Las crías se trasladaron al embalse en bolsas de polietileno con agua y oxígeno, cerradas herméticamente. Éstas se introdujeron al agua para su aclimatación por 20 minutos y posteriormente se abrieron para liberar a los peces en las jaulas en una densidad de siembra de 666 carpas por jaula. Cada semana se pesaban 50 carpas y se calculó el peso promedio y la tasa de crecimiento con respecto a la longitud patrón. Al final del bioensayo también se muestreó a diez peces para contar el número de unidades formadoras de colonias de coliformes fecales y totales por el método de Petrifilm.<sup>9</sup> La cerdaza del afluente de la granja se almacenó en un cárcamo de 30 m<sup>3</sup> de capacidad. Posteriormente los sólidos mayores de 3 mm se separaron por bombeo y filtrado, mediante un separador de sólidos tipo cascada\* y se

\* Sistema Lysco modelo ss-250, Eysa, S.A. de C.V.

manually with the shovel. Thereafter, solids were added kilogram-wise, sorghum being the last ingredient, and then this mixture was added to the 1 kg of pig feces solids, until getting a 20 kg mixture was obtained. The final mixture was deposited in a ditch-like silo, and was trampled after each 15 cm layer. The silo was covered with polyethylene to render it water-resistant, and was stored for 15 days.<sup>5</sup> Fecal coliform analysis of the ensiled mixture took place after a fortnight through the conventional Petrifilm 3M<sup>9-12</sup> method according to the DGN-AA-3-1975 norm. Chemical-proximal analysis\*\* of the ensiled mixture was also performed. Solids less than 3 mm and the liquid were drained together into an anaerobic fermentator, to be later poured in to a sewage channel. The ensiled mixture was put in 3 cages, at a dosage of 10 kg per cage per week.\*\*\*

The dammed up water was sampled every month at the same time of the day from 4 places. Samples were taken from two levels: superficial (0.10 m) and at a depth of 1 m. At the same time, pH, oxygen and temperature were measured *in situ* with portable analyzing equipment.\* Other samples were sent to the laboratory of the Comision Nacional del Agua for determination of conductivity, total alkalinity, biochemical oxygen demand, total- and ammoniac nitrogen, as well as turbidness by FQAR internal methods established by this laboratory, and according to NOM-AA 1981 norms.<sup>11,12</sup>

Growth speed was calculated with data which included length and weight of the fish using the L.v. Bertalanffy equation as follows:<sup>13,14</sup>

$$l_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t + t_0)}]$$

Where

$l_t$  = fish length at a given time t;

t = 8 months

$L_{\infty}$  = maximum asymptote theory length which can reach the fish at an age  $\infty = 126.32$  (obtained through the v. Bertalanffy formulae)

K = constant which determines the speed with which the fish reaches the asymptote, i.e., the growth rate = 0.0065 cm/week and  $t_0$  = constant of hypothetical time when the fish could have a zero length = -6.23

This data was obtained by the Ford Walford regression analysis, and was confirmed by the Beverton and Holt method, which originates from the inverse equation of v. Bertalanffy.<sup>15-17</sup>

Furthermore, the weight/length relation was obtained by the formulae:

$$W = aL^b$$

Where W = total weight in g

L = pattern length in cm

a = origin

b = slope

trataron de la siguiente manera: 20 partes de los sólidos de la cerdaza se mezclaron mecánicamente con seis partes de grano de sorgo molido, dos partes de paja de avena y una parte de melaza de caña, para lo cual primeramente se mezcló manualmente 1 kg de cada componente con una pala de madera, cuando la mezcla estuvo bien homogénea, se adicionó 1 kg de los tres componentes sobrantes, volviéndose a mezclar manualmente con la pala, posteriormente se fueron adicionando de kilogramo en kilogramo los sólidos y el sorgo hasta terminar este último, después de lo cual se mezclaron de uno en uno los kilogramos de sólidos de cerdaza hasta terminar con los 20 kg. La mezcla que se logró se depositó en silos de tipo trinchera con apisonamiento después de cada capa de 15 cm. El silo se tapó en forma impermeable con polietileno y se almacenó por 15 días;<sup>5</sup> a la siguiente quincena se hicieron análisis de coliformes fecales en el ensilado por medio del método convencional de Petrifilm 3M<sup>9-12</sup> de acuerdo con la norma DGN-AA-3-1975. Se hizo el análisis químico-proximal del ensilado.\* Los sólidos menores de 3 mm y el líquido se drenaron juntos hacia un fermentador anaeróbico para posteriormente ser vertidos en un canal de desagüe. El ensilado se vertió dentro de las tres jaulas en cantidad de 10 kg por jaula, por semana.\*\*

El agua del embalse se muestreó cada mes a la misma hora del día, de cuatro lugares, en cada uno de los cuales se colectaron muestras a dos niveles: superficial (0.10 m) y a una profundidad de 1 m, y paralelamente se midió *in situ* el pH, oxígeno y temperatura con un equipo analizador portátil.\*\*\* Otras muestras se enviaron al laboratorio de la Comisión Nacional del Agua para determinación de la conductividad, alcalinidad total, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total y nitrógeno amoniacal, así como la turbiedad, por medio de los métodos internos FQAR establecidos por dicho laboratorio y acordes a las normas NOM-AA de 1981.<sup>11,12</sup>

Con los datos de la longitud y el peso de los peces se calculó la velocidad de crecimiento mediante la ecuación de L.v. Bertalanffy:<sup>13,14</sup>

$$l_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t + t_0)}]$$

Donde

$l_t$  = Longitud del pez a un tiempo t;

t = ocho meses

$L_{\infty}$  = Longitud asintótica teórica máxima que puede alcanzar el pez a una edad  $\infty = 126.32$  (obtenida mediante la fórmula de v. Bertalanffy)

K = constante que determina la rapidez con que el pez alcanza la asíntota, o sea la tasa de crecimiento = 0.0065 cm/semana y  $t_0$  = constante del tiempo hipotético, al cual el pez pudo tener longitud cero = -6.23.

\* Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

\*\* Guadalupe de la Lanza (comunicación personal).

\*\*\* Sistema Lysco modelo ss-250, Eysa, S.A. de C.V.

which were estimated by the linear regression adjustment of data previously transformed logarithmically according to the following function:

$$\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L^{18,19}$$

Absolute growth was calculated with data including weight, and initial- and final length. Results were expressed in grams and centimeters per day, respectively, and according to the following formulae:

$$\text{CA Long} = \frac{L_f - L_i}{\text{DC}} \quad \text{CAW} = \frac{W_f - W_i}{\text{DC}}$$

Where

$L_f$  = Final average length

$L_i$  = Initial average length

$W_f$  = Final average weight

$W_i$  = Initial average weight

DC = total culture days

The theoretical fishing potential yield was calculated using the following formula by Phelps:<sup>20</sup>

$$\text{RB} = \text{Bf} - \text{Bi}$$

Where

Bf = Final biomass,

Bi = Initial biomass.

Thereafter, the real potential fishing yield was obtained adjusting the theoretical one through the subtraction of losses.

Identification and relative quantification of the microalgae in the water was performed every month by the Lamothe method.<sup>21</sup>

## Results

Survival percentage was 57.7 due to loss of animals, which were robbed on the 26<sup>th</sup> week of the bioassay.

Regression by the weight/length relation model resulted in a slope value of  $b = 3.5$ , the determination coefficient  $r = 0.98$ ,  $L_{\infty} = 126.32$  with a  $K = 0.00651$  cm/week and  $T_0 = -6.23$  weeks (Figure 1). Carp length could be expressed with the v. Bertalanffy model as follows:

$$l_t = 126.32 * (1 - \exp^{-0.00651 * (t + 6.2333)})$$

Weight gain at 32 weeks was of 510 g, size gain was 12.2 cm, and higher weight and average size were 513.81 g and 16.82 cm, respectively. The absolute growth rate was 0.054 cm and 2.25 g per day (Figures 2, 3). Obtained theoretical fishing potential was 540.6 kg in the three cages, whereas the real fishing potential yield was 176.41 kg in the 3 cages.

Estos datos se obtuvieron mediante el análisis de regresión de Ford Walford y se confirmaron por el método de Beverton y Holt, que parte de la ecuación inversa de v. Bertalanffy.<sup>15-17</sup>

Además se obtuvo la relación peso/longitud mediante la fórmula:

$$W = aL^b$$

Donde

W = peso total en g

L = longitud patrón en cm

a = origen

b = pendiente

que se estimaron mediante el ajuste de regresión lineal de los datos previamente transformados logarítmicamente de acuerdo con la función:

$$\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L^{18,19}$$

El crecimiento absoluto se calculó con los datos de peso y longitudes inicial y final; los resultados se expresaron en gramos y centímetros por día, respectivamente, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{CA Long} = \frac{L_f - L_i}{\text{DC}} \quad \text{CAW} = \frac{W_f - W_i}{\text{DC}}$$

Donde

$L_f$  = Longitud promedio final

$L_i$  = Longitud promedio inicial

$W_f$  = Peso promedio final

$W_i$  = Peso promedio inicial

DC = Días totales de cultivo.

El rendimiento pesquero potencial teórico, se calculó utilizando la fórmula propuesta por Phelps:<sup>20</sup>

$$\text{RB} = \text{Bf} - \text{Bi}$$

Donde

Bf = Biomasa final;

Bi = Biomasa inicial.

Posteriormente se obtuvo el rendimiento pesquero potencial real, ajustando el teórico mediante la resta de las pérdidas.

Cada mes se llevó a cabo la identificación y cuantificación relativa de microalgas del agua, de acuerdo con el método de Lamothe.<sup>21</sup>

## Resultados

El porcentaje de sobrevivencia presentado fue de 57.7, debido a pérdidas por robo de animales en la semana 26 del bioensayo.

Fecal and total number of coliforms in sampled fish were found within the accepted rate by the NMX-AA-102-1987 norm, which stands at  $1 \times 10^5/100$  ml.

Chemical proximal analysis of the ensiled mixture showed the following results: Protein, 19.9%; carbon-hydrates, 51.7%; ethereal extract, 6.5%; fiber, 12%.

The results of the physico chemical parameters on the water in the reservoir are seen in Table 1. The results of the partial limnological analysis are in Table 2.

## Discussion

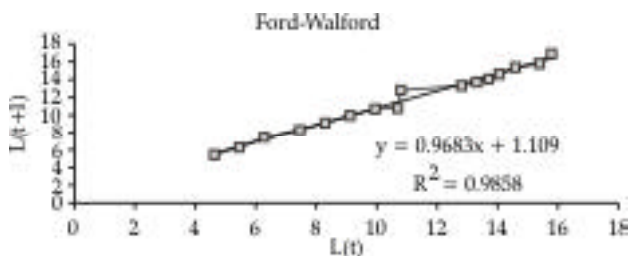
Physicochemical parameter results of the water which included: Turbidity, conductivity, pH, alkalinity, roughness, total nitrogen and ammoniac nitrogen were maintained throughout the bioassay at adequate ranges for the optimum growth of fish.<sup>22-26</sup> Although the dissolved oxygen decreased to 3.25 mg/l, this did not affect the carp, but would be lethal to other ichthyic species.<sup>27</sup> Values obtained for the biochemical and chemical oxygen demand indicate pollution within limits, which can favour aquatic life but can also contain inhibited toxic elements.<sup>20,23</sup> Temperature did not affect carp, as these are benthonic, and the least variation of this parameter occurs precisely in the benthos.<sup>28</sup>

The partial limnologic analysis (type and quantity of microalgae) indicates a certain degree of eutrofication, which is compatible to life, although chloroficeas with toxic characteristics were increased.<sup>29</sup>

This bioassay perfectly controlled fish safety against predators (birds), given that the cages had a tight lid, but the loss during the 26<sup>th</sup> week was due to a theft that could not have been avoided since it took place at night.

It was observed that with the used analytical methods, carp presented an allometric growth; their weight gain represents the square of the length, and the weight was proportional during the culture period. Some authors consider this to be characteristic of the species.<sup>18,30,31</sup>

Arredondo-Figueroa and Lozano<sup>25</sup> could achieve a relation of 27.15 cm with 756.39 g in 20 weeks, which is



**Figura 1.** Regresión de Ford-Walford, donde el eje de las Y corresponde a  $t + 1$  en quincenas y el eje de las X es igual a  $t$  en quincenas. Ford-Walford regression where the Y axis correspond to  $t + 1$  in fortnights and X axis =  $t$  in fortnights.

La regresión por medio del modelo de relación peso/longitud dio un valor de pendiente  $b = 3.5$ , el coeficiente de determinación  $r = 0.98$ ,  $L_{\infty} = 126.32$ , con una  $K = 0.00651$  cm/semana y  $T_0 = -6.23$  semanas (Figura 1). De esta forma el modelo de v. Bertalanffy para la longitud de la carpa se expresó:

$$L_t = 126.32 * (1 - \exp^{-0.00651 * (t + 6.2333)})$$

La ganancia de peso a las 32 semanas fue de 510 g y la ganancia en talla fue de 12.2 cm, con lo que el peso y talla promedio mayores fueron 513.81 g y 16.82 cm. La tasa absoluta de crecimiento fue de 0.054 cm y 2.25 g por día (Figuras 2 y 3). El rendimiento pesquero potencial teórico obtenido fue 540.6 kg en las tres jaulas, mientras que el rendimiento pesquero potencial real fue de 176.41 kg en las tres jaulas.

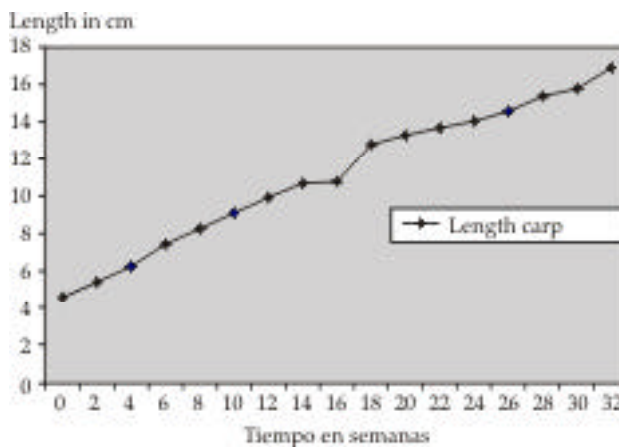
El número de coliformes fecales y totales en los peces muestreados se encontró dentro del rango aceptado por la norma NMX-AA-102-1987, que es de  $1 \times 10^5/100$  ml.

El análisis químico-proximal del ensilado mostró los siguientes resultados: Proteína, 19.9%; hidratos de carbono, 51.7%, extracto etéreo, 6.4%; fibra 12%.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua en el embalse se observan en el Cuadro 1. Los resultados de los análisis limnológicos parciales se muestran en el Cuadro 2.

## Discusión

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua: Turbiedad, conductividad, pH, alcalinidad, dureza, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, se mantuvieron durante todo el bioensayo dentro de los rangos adecuados para el crecimiento óptimo de peces.<sup>22-26</sup> El oxígeno disuelto, si bien, bajó a 3.25 mg/l, no afectó a la carpa, aunque



**Figura 2.** Relación longitud de las carpas/tiempo en semanas de bioensayo. Carp length/time relationship in weeks of the bioassay.

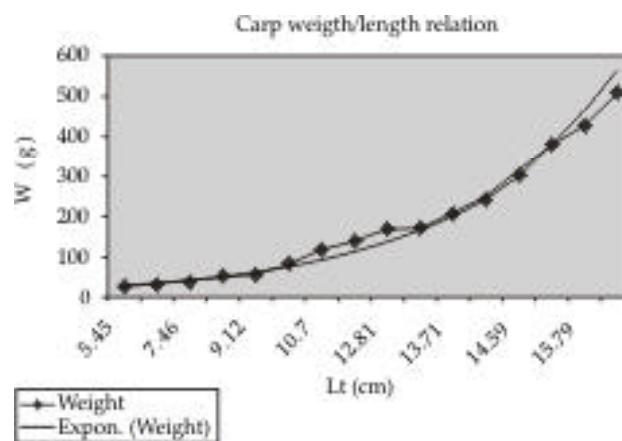
very close to that obtained in this study: 468.69 g with 18.442 cm if a directly proportional growth is considered, but the difference in time is considerable, as these authors obtained results in 20 weeks, and this bioassay took 32 weeks. These differences could have been due to the physical space they had. The weight achieved at 32 weeks was of 513.81 g. The observed absolute weight in this work was higher than that observed by Zweing<sup>32</sup> who started his bioassay with 72 g fish. Other researchers agree that during the juvenile stage, fish present higher growth results within the first two months.<sup>33</sup>

Arredondo-Figueroa and Lozano,<sup>28</sup> as well as Torres,<sup>34</sup> obtained growths of 448 g in 35 weeks, and of 756 g in 20 weeks, when cultivating took place in seasonally rainy areas with low sowing densities, sowing directly in the dammed up water. Obtained theoretical fishing yield of 540 kg for the 3 cages, with a sowing density of 2,000 organisms, is lower than that obtained by Tan<sup>7</sup> which was of 1 400 kg with a sowing density of 3 700 fish, i.e., in that with 2 000 organisms it could have resulted in 757 kg. The reason behind this difference might have well been, that feeding had been supplemented with 50% of a commercial diet. Maitra<sup>35</sup> produced 5 300 kg with a sowing density of 10 000 fish in a semi-intensive system too which would mean 1 060 kg with a density of 2 000 fish. Both researchers worked with a pig-tilapia integrated system, and not with carp. The obtained real fishing yield was of 176.41 kg in the three cages, due to the previously mentioned loss. Nevertheless, the observed fishing yield is encouraging, and a stimulus to continue using this feeding method that does not only reduce pollution, but

para otras especies ícticas, dicho nivel es letal.<sup>27</sup> Los valores de demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno obtenidos indican contaminación en límite razonable, que si bien puede favorecer a la vida acuática, también puede contener elementos tóxicos inhibidos;<sup>20,23</sup> La temperatura no afectó mayormente a las carpas dado que son bentónicas y la menor variación en este parámetro se da precisamente en el bentos.<sup>28</sup>

El análisis limnológico parcial (tipo y cantidad de microalgas) indica cierto grado de eutroficación, compatible con la vida, aunque aumentaron las clorofíceas con características tóxicas.<sup>29</sup>

El bioensayo se controló perfectamente con respecto a la seguridad de los peces contra depredadores (aves), dado que las jaulas presentaban tapa perfecta-



**Figura 3.** Relación peso/longitud de las carpas. Carps weight/length relation.

**Cuadro 1**

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA EN EL EMBALSE  
PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE DAMMED UP WATER

Parámetro Parameter	Valor máximo Maximum value	Valor mínimo Minimum value	Significado Meaning
Turbiedad	43 UTN	5 UTN	
Conductividad	498 $\mu$ Siemens/cm	218 $\mu$ Siemens/cm	Agua de mediana salinidad
PH	7 inicio	7 final	Equilibrio de hidrogeniones en la fase de dilución
Alcalinidad	197 mg/l	112 mg/l	En estas condiciones los bicarbonatos se usan para la fotosíntesis
Dureza	172 mg/l	124 mg/l	Agua moderadamente dura
Oxígeno disuelto	11 mg/l	3 mg/l	Acorde con la especie
DBO	30 mg/l	13 mg/l	Aguas contaminadas
DQO	245 mg/l	74 mg/l	Aguas contaminadas
Temperatura	20.2°C	17.35°C	Agua templada
Nitrógeno total	19 mg/l	5 mg/l	
Nitrógeno amoniacal	8 mg/l	2 mg/l	

produces food for human consumption. Obtained weights were based on the average of those obtained by random sampling, in which the standard deviation was high, which indicates that the feeding conditions influenced variability. Fish with bigger sizes always eat first, and change to higher growth stages faster, whereas small fish eat last, and take longer to grow.<sup>36</sup> Results indicate that the use of ensiled pig feces is a viable alternative for the meat producing industry when used rationally, nevertheless, periodic limnologic studies must follow to avoid eutrofication of the dammed up water. Furthermore, nutritional dosage requirements of the fish should be calculated considering that the carp requires 30% protein. Carp in this study did not only eat pig feces but complemented their feed with the primary productivity of the dammed up waters, which improved with the remains of the uneaten pig feces, and the manure of the fish itself, which constitutes an organic fertilizer.

mente atada, pero las pérdidas a la semana 26 se debieron a robo, causa que no se pudo evitar, dado que se presentó en la noche.

Con base en los métodos analíticos utilizados, se observó que las carpas presentaron un crecimiento alométrico, cuya ganancia en peso representa el cubo de la longitud; es decir, un crecimiento geométrico en donde el incremento entre la longitud y el peso fue proporcional durante el periodo de cultivo, lo cual algunos autores lo consideran una característica de la especie.<sup>18,30,31</sup> Arredondo-Figueroa y Lozano<sup>25</sup> consiguieron una relación de 27.15 cm con 756.39 g en 20 semanas, la relación es muy semejante a la obtenida en este estudio, ya que serían 468.69 g con 18.442 cm si se considerara un crecimiento directamente proporcional, pero la diferencia en tiempo es notable, ya que estos autores lo obtuvieron en 20 semanas y en el presente bioensayo se obtuvieron a las 32 semanas. Estas diferencias pueden ser debidas al espacio físico que ellos tenían. El peso logrado a las 32 semanas fue de 513.81 g, el crecimiento absoluto observado fue mayor en este trabajo que el observado por Zweing *et al.*,<sup>32</sup> pero en este trabajo se inició el bioensayo con peces de 72 g. Otros investigadores están de acuerdo en que en las etapas juveniles, los peces tienen mayores crecimientos los dos primeros meses.<sup>33</sup> Arredondo-Figueroa y Lozano,<sup>28</sup> así como Torres<sup>34</sup> obtuvieron crecimientos de 448 g en 35 semanas y de 756 g en 20 semanas, cuando cultivaron en bordos de temporal con bajas densidades de siembra, sembrando en el embalse directamente. En cuanto al rendimiento pesquero teórico obtenido de 540 kg por las tres jaulas, con densidad de siembra de 2 000 organismos, es menor que el obtenido por Tan, que fue de 1 400 kg con una densidad de siembra de 3 700 peces, lo que significa que con 2 000 organismos pudiera haber conseguido 757 kg. Es probable que la razón de esta diferencia sea que él complementó la alimentación con 50% a base de una dieta comercial;<sup>7</sup> de la misma forma, en sistema semiintensivo, Maitra produjo 5 300 kg con una densidad de siembra de 10 000 peces, que significarían 1 060 kg con una densidad de siembra de 2 000 peces.<sup>35</sup> Estos dos investigadores trabajaron con un sistema integrado cerdos-tilapia, en vez de carpa. El rendimiento pesquero real obtenido fue de 176.41 kg en las tres jaulas, debido a la pérdida antes mencionada. Sin embargo, el rendimiento pesquero teórico observado estimula a seguir este método de alimentación que no solamente reduce la contaminación sino que produce alimento para la población humana. Los pesos obtenidos se basaron en el promedio de los pesos de la muestra aleatoria, en los que la desviación estándar fue alta, lo que indica que las condiciones de alimentación influyeron en la variabilidad. Los peces de tallas más grandes siempre comen prioritariamente y pasan a etapas de crecimiento mayores de manera más rápida, mientras que los peces más

**Cuadro 2**

PROPORCIÓN RELATIVA DE MICROALGAS EN EL EMBALSE AL INICIO Y AL FINAL DEL BIOENSAYO  
MICROALGAE RELATIVE PROPORTION IN THE DAMMED UP WATER AT THE BEGINNING AND END OF THE BIOASSAY

Primer mes 1 <sup>st</sup> month	8 <sup>o</sup> mes 8 <sup>th</sup> month
<i>Oscillatoria</i> , 52%	21%
<i>Euglena</i> , 29%	22%
<i>Chlamidomonas</i> , 17%	13.5%
<i>Scenedesmus</i> , 10.6%	8%
<i>Cyclotella</i> , 1%	2%
<i>Chlorella</i> , 2%	2.8%
<i>Anabaena</i> , 2.2%	2.7%





## References

1. Vega VF, Romero SHL. Daños y soluciones ecológicas en las granjas porcinas. *Porcira* 1987;11:62-67.
2. Domínguez LE. La contaminación por excretas de cerdo. *Acontecer Porcino* 1993;1:4-12.
3. Edwards P. Integrated fish farming. *Infotish Int* 1991;5:45-52.
4. Henry V. Feeding strategies for pollution control in pig production. Proceedings of the 14th Pig Veterinary Society Congress; 21-23 June 1996; Bologna, Italy. Bologna, Italy: Facultad de Medicina Veterinaria, Università di Bologna, 1996:45-50.
5. Toledo BA. Caracterización nutricional de ensilados de excretas de cerdo (fracción sólida) con bagazo de caña y melaza (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1996.
6. Íñiguez G. Aprovechamiento del estiércol de cerdo mediante fermentación. *Acontecer Porcino* 1993;1:14-20.
7. Tan EG. Philippines experience in integrated crop livestock fish farming systems. Proceedings of the Symposium-Workshop on Livestock Fish Farming; 2-4 November 1996; Los Baños Laguna, Philippines. Westmont (IL): National Sea Grant College Programs, 1997:43-52.
8. Wannakul T. Integrated farming. *Livestock Fish Farming* 1983;6:33-38.
9. El-Zanfaly HT, Ibrahim AA. Occurrence of bacterial pollution indicators in Boulti (*Tilapia nilotica* Linn.) fish. *Zntblt Ernährungswiss* 1982;21:246-253.
10. Muratori MC, Oliveira A de L, Riberiro LP, Costa AP, Fernandez SH, Leite RC. Comparison between the standard MPN method recommended by the American Public Health Association and the Simplate and Petrifilm methods for identification of the coliform groups and *Escherichia coli* in tilapia (*Oreochromis* sp) originating from aquaculture in fresh water. *Rev Arg Microbiol* 2000;32:15-19.
11. NALCO. Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Vols. I, II, III. México (DF): McGraw-Hill, 1990.
12. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Manual de técnicas para el análisis de la calidad del agua en estanques. México (DF): Dirección General de Acuicultura, 1995.
13. Allen KR. A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type. *J Fish Res Board Can* 1966;23:163-179.
14. Fabens AJ. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 1965;29:265-289.
15. Gómez MJL. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. México (DF): Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, 1994.
16. Formacion SP, Rongo JM, Samblilay VC. Extreme value theory applied to the statistical distribution of the largest lengths of fish. *Asian Fisheries Sci* 1992;4:123-135.
17. Beverton RJH, Holt SJ. Manual of methods for fish stock assessment. Part II. Tables of yield function. *FAO Fish Biol Tech Paper* 1966;38:10-67.
18. Levegne C. Biodiversity dynamics and conservation: the freshwater fish of tropical Africa. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1997.
19. Gulland JA. Métodos de análisis de poblaciones de peces. México (DF): Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas, 1966.
20. Billard R, Laird L. *Carp biology and culture*. New York: Springer-Verlag, 1999.
21. Lamothe RA. Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. México (DF): AGT Editor, 1997.
22. Arredondo-Figueroa JL. Piscicultura, breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua en estanques de piscicultura intensiva. México (DF): Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca, 1985.
23. De la Lanza EG. Algunos conceptos sobre hidrobiología y calidad del agua. En: De la Lanza EG, Arredondo-Figueroa JL, editores. *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. México (DF): Instituto de Biología, 1990:181-199.
24. Boyd CE. *Water quality management for ponds fish culture*. New York: Elsevier Scientific Publishing, 1982.
25. Arredondo-Figueroa JL, Lozano SD. Water quality and yields in a polyculture of cyprinids in Mexico. *Hidrobiología* 1994;4:1-2.
26. Barrera R, Becerra L, Díaz F, Espino S, Latournerie J. Análisis de los factores fisicoquímicos de tres estanques fertilizados de la granja integral de policultivo de Tezontepec, en Tezontepec de Aldama, Hidalgo. México (DF): Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1983.
27. Piedrahita RH, Lichtkoppler F. *Water quality management in pond fish culture*. Auburn (AL): Auburn University, International Center for Aquaculture, Agricultural Experiment Station, 1979.

pequeños comen al último y siempre van retardando su crecimiento.<sup>36</sup> Los resultados indican que el uso de la cerdaza ensilada es una alternativa viable para la utilización racional de este desecho pecuario, pero deben llevarse a cabo estudios limnológicos periódicos para evitar la eutroficación del embalse; asimismo, calcular las dosis que cubran los requerimientos nutricionales de los peces, pero considerando que la carpa requiere 30% de proteína, es seguro que no solamente se alimentó de la cerdaza sino que complementó su alimentación con la productividad primaria del embalse, que también se vio mejorada con los restos no consumidos de la cerdaza y las excretas de los propios peces, que constituyen un abono orgánico.



28. Arredondo-Figueroa JL. Especies animales acuáticas de importancia nutricional, introducidas en México. *Biótica* 1983;8:175-199.
29. White AW. Toxic algal blooms: an international directory of experts in toxic and harmful algal blooms and their effects on fisheries and public health. Oxford (UK): Blackwell Science, 1990.
30. Weatherley AH. Growth and ecology of fish population. London (UK): Academic Press, 1972.
31. Quinn TJ, Richard B. Quantitative fish dynamics. Oxford (UK): Oxford University Press, 2000.
32. Zweing DR. Evolving water quality in a common carp and blue tilapia high production pond. *Hidrobiologia* 1989;171:11-21.
33. Zweing DR, Horvath L, Horvath GT, Seagrave C. Carp culture. New York: Halsted Press, 1992.
34. Torres RB. Evaluación del crecimiento y robustez de la tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) y la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) en condiciones de policultivo extensivo y su relación con los parámetros limnológicos del embalse de temporal "Cavaria" en el Edo. de Morelos (tesis de licenciatura). México (DF) México: Escuela Nacional de Estudios Superiores de Zaragoza. UNAM, 1989.
35. Maitra DM. Prospects and retrospects of integrated livestock fish aquaculture in India under Asian context. Proceedings of the FAO/PT International Workshop on Livestock-Fish Production System; 12-14 February 1991; Kuala Lumpur, Malaysia. Rome, Italy: FAO, 1991:107-112.
36. Hopher B, Pruginin Y. Cultivo de peces comerciales. México (DF): Limusa, 1985.