

# **“Evaluación del crecimiento y la rentabilidad de dos especies piscícolas, *Oreochromis niloticus* y *Carassius auratus*, en un sistema acuapónico de pequeña escala.**

Candarle Pablo & Wicki Gustavo

Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC) Secretaría de Agroindustria.

## **Resumen**

*Fueron evaluados el desempeño y la rentabilidad de 2 especies piscícolas, *Oreochromis niloticus* y *Carassius auratus* cultivadas simultáneamente en un sistema acuapónico. Se cultivaron peces de cada especie en un tanque de 500 L de capacidad, montados en un sistema de recirculación al cual se le acoplaron filtros y un componente hidropónico de 2 m<sup>2</sup> a cada uno. Después de 180 días se cosechó un total de 16,8 kg de tilapias a partir de una siembra inicial de 2,8 kg (48 unidades), con una sobrevivencia del 98% y un IPD de 2,36 g. Se produjeron 70 carassius de 10 g desde una siembra inicial de 72 peces de 0,9 g; 380 de 6,2 g y 300 de 14 g desde otra siembra de 2250 larvas de 0,035 g, con una sobrevivencia promedio de 64% y un IPD de 0,12 g. Los valores comerciales de las producciones se estimaron en 1450 pesos de tilapias y 15000 pesos de carassius, de acuerdo a precios de mercado en Argentina al mes de Octubre de 2018 (1 dólar=37,5 pesos). Las producciones vegetales fueron de 18,44 Kg para el sistema de tilapias (Acelga: 12,2 Kg; Albahaca: 3,55 Kg; Rúcula: 1 Kg y Lechuga: 1,7 Kg) y 16,11 Kg para el sistema con Carassius: (Tomates cherry: 10,6 Kg; Acelga: 2,2 Kg; Albahaca: 0,85 Kg; Rúcula: 0,87 Kg y Lechuga 1,55 Kg.), las ganancias comerciales de dichas producciones fueron 1250 y 1100 pesos respectivamente.*

## **Introducción**

La acuicultura mundial ha crecido ininterrumpidamente en las últimas décadas, acompañada por el desarrollo tecnológico y la mayor demanda de productos pesqueros, debido principalmente al aumento de la población mundial, como también al incremento global del consumo de pescado per cápita.

Las unidades de producción acuícola de pequeña y mediana escala proveen de alimento a comunidades y mercados locales contribuyendo con la seguridad alimentaria y generando empleos. De esta manera, se puede contribuir a la disminución de la pobreza, con alta importancia en la vida y cultura de muchas comunidades alrededor del mundo (FAO, 2012).

Los sistemas de recirculación en acuicultura (SRA), se desarrollaron como una alternativa de producción en zonas de escaso recurso hídrico o difícil acceso a este, mejorando la eficiencia del uso del agua y minimizando el impacto de la actividad en el ambiente.

Los sistemas de producción acuapónicos combinan las tecnologías de los sistemas de recirculación en acuicultura con los cultivos hidropónicos de vegetales (sin uso de tierra). Esta producción de vegetales ofrece una serie de ventajas sobre la agricultura tradicional, principalmente en lo que se refiere a la eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes.

La acuaponía se basa en una serie de beneficios biológicos y rentables para ambas producciones. Estos sistemas, utilizan los desechos metabólicos de los peces, que entregan nutrientes que se transforman en materia vegetal de organismos para consumo u otras finalidades (medicinales, ornamento), trabajando así sobre dos puntos de gran interés en la producción: rentabilidad y el tratamiento de desechos (Rakocy, 1999).

La acuaponía reduce la contaminación y el recambio de agua de los SRA, y genera mayor variedad de alimentos ampliando los ingresos. Provee alimentos de primera necesidad con una única fuente de nitrógeno (alimento de los peces), sumando los beneficios nutricionales de alta calidad del pescado y los vegetales.

En Argentina, como una actividad novedosa, se encuentra aún en vías de desarrollo buscando incorporarse tanto en la industria de la acuicultura como en las producciones hidropónicas. Ambos sectores, y en distintos niveles productivos, han mostrado interés en esta actividad bio-integrada con vistas a la diversificación y mejoras de la rentabilidad.

Las tilapias, a nivel mundial, son los peces más cultivados en zonas tropicales y subtropicales, presentando muy buenas características biológicas para el manejo. La "tilapia nilótica" (*Oreochromis niloticus*) es la más aconsejable para ser producida en cualquier sistema, debido a su amplia resistencia frente a diversos factores ambientales y a su facilidad de manejo. Es nativa de varios países africanos y se destaca por su rápido crecimiento, reproducción más tardía (alcanza mayor tamaño antes de su primera reproducción) y posibilidad de gran generación de alevinos (Luchini, 2006).

El sabor muy suave y la calidad de su carne magra, como la ausencia parcial de espinas, la hacen muy atractiva para los consumidores.

El goldfish (*Carassius auratus*) es un pez Ciprínido distribuido ampliamente en el mundo y muy demandado en el mercado ornamental. Se lo puede encontrar en veterinarias y acuarios debido a su facilidad de cultivo y reproducción, como también a su adaptación a una gran variedad de climas y resistencia a enfermedades (Marshall, 2003).

El cultivo de los peces ornamentales de agua fría *Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* está ampliamente desarrollado en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fé y Mendoza,

y se practica activamente a nivel de pequeños productores y aficionados (Gómez, et al.1997 y Dir. Acuicultura 2015).

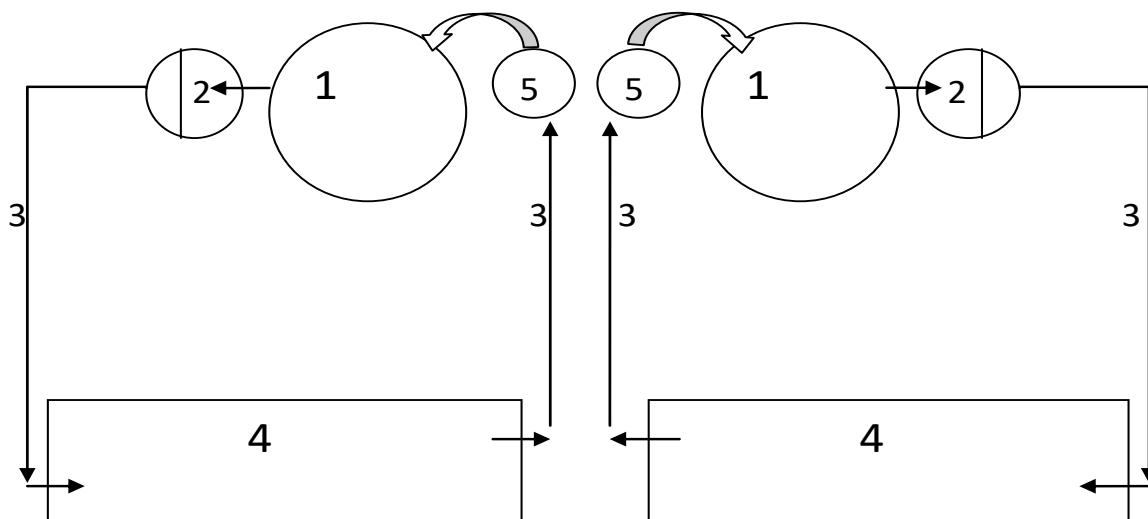
El objetivo del presente estudio se centró en buscar y probar alternativas para incrementar la rentabilidad de la producción piscícola por medio del cultivo acuapónico, comparando 2 especies muy aptas para este tipo de manejo y con distinta finalidad: consumo y ornamento, en un ciclo de 6 meses.

## *Materiales y métodos*

La experiencia fue realizada en el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), situado en Corrientes, en el NEA del país (27°32'S, 58°30'W), durante un período de 180 días, desde la primavera del año 2016 hasta fines del verano de 2017.

Para el ensayo se utilizó un pequeño módulo-invernáculo de 18 m<sup>2</sup> donde se cultivaron las dos especies, conocidas vulgarmente como tilapias y goldfish.

Las condiciones de infraestructura fueron similares para cada especie, utilizando un duplicado del sistema de recirculación de agua (Figura 1).



*Figura 1- Esquema del sistema de recirculación diseñado y utilizado en el ensayo, detallando sus diferentes componentes:*

- 1- Tanques para peces (500 L)
- 2- Unidades clarificadoras y filtro biológico (120 L)
- 3- Cañerías de 2 pulgadas

4- Unidades de 2 m<sup>2</sup> y 22 cm altura para cultivos hidropónicos (440 L)

5- Sumideros (colectores de agua y lugar de ubicación de bombas sumergibles, 40 L)

El componente hidropónico del sistema se diseñó con la modalidad denominada cultivo de aguas profundas (*Deep water culture*) o balsas flotantes. Para ello se montó sobre una estructura rectangular de hierros estructurales, una pileta en lona impermeable de 2 m<sup>2</sup> de superficie y con 22 cm de altura logrando un volumen de 440 L de agua por cada contenedor. Sobre estas se colocaron planchas de telgopor de alta densidad de 4 cm de espesor, agujereadas parcialmente para la colocación de los vegetales a razón de 20/m<sup>2</sup>.

Para la circulación del agua se utilizaron 2 bombas sumergibles (2100 L/h; h=0,2 m), y una bomba de aire (70 L/min.) Se emplearon 12 difusores de piedra, 6 en los tanques de peces y 6 en las camas de vegetales.

El volumen total de cada sistema fue de 1100 L, y el flujo de circulación de 16 L/min, la renovación del circuito total se completaba en 68 minutos. El recambio (R) dentro de los tanques de peces fue de 2 veces por hora. Solamente se renovó agua para limpieza de los decantadores y filtros (de frecuencia semanal) y en promedio representó el 2 % diario.

El cultivo de las tilapias se realizó utilizando juveniles revertidos sexualmente mediante hormonas esteroides masculinas, en la primeras fases de alimentación.

Fueron sembradas inicialmente 48 tilapias de 50 g promedio y engordadas hasta un peso final promedio de aproximadamente 400 g (peso comercial). Se muestrearon mensualmente 18 unidades (30 %), y fueron realizadas 3 cosechas parciales según la dispersión natural del lote. El manejo se planteó en esta modalidad a los fines de utilizar la unidad de cultivo eficientemente en su máxima productividad, para lo cual se proyectaron crecimientos y las eventuales cosechas con el objeto de disminuir la carga antes de sobrepasar su capacidad.

En el otro tanque fueron sembrados 72 *Carassius* de 0,9 g inicialmente (lote1), ingresando luego 2250 larvas estimadas por conteo indirecto, de 15 días de nacidas desde su eclosión y 35 mg de peso promedio (lote2) en una "jaula flotante" cilíndrica dentro del tanque, de 42 cm de diámetro y 30 cm de altura (41,5 litros) construida en malla sintética de 2 mm entre nudos. Esta fue aplicada a los fines de mantener separadas las cohortes y evitar el canibalismo. Ambos grupos fueron producto de desoves e incubaciones obtenidas en el mismo CENADAC, días antes de iniciar el sistema.

El primer lote, fue muestreado mensualmente y se cultivó hasta un peso promedio de 10 g y en ese momento se retiraron (levante) y se procedió a la liberación de los juveniles desde la jaula del lote 2 al tanque. Se realizaron muestreos mensuales y a los 60 días se realizó un

conteo total, a fin de cuantificar la sobrevida, y retirar los peces que no presentaban coloración vistosa (conocidos en la jerga como watenai), dejándose los de mayor valor comercial, los que fueron cultivados hasta un peso promedio de 13 g.

Durante el engorde de ambas especies, se empleó un alimento extruído para peces omnívoros, elaborado por la Asociación de Cooperativas Argentinas (A.C.A.), el mismo fue molido para las fases iniciales del cultivo.

Se registró la concentración de oxígeno disuelto, temperatura y pH, por la mañana a las 7.30 h, y hacia las 17 h por la tarde.

En los contenedores hidropónicos se cultivaron las siguientes especies de vegetales comestibles: acelga (*Beta vulgaris*); albahaca (*Ocimum basilicum*); rúcula (*Eruca sativa*), tomates variedad cherry (*Solanum lycopersicum*) y lechuga (*Lactuca sativa*).

Se utilizó para ello, la modalidad denominada “intercultivos”, donde se cultivan plantas de distintos ciclos de manera simultánea, tratando de aprovechar al máximo el rendimiento del sistema.

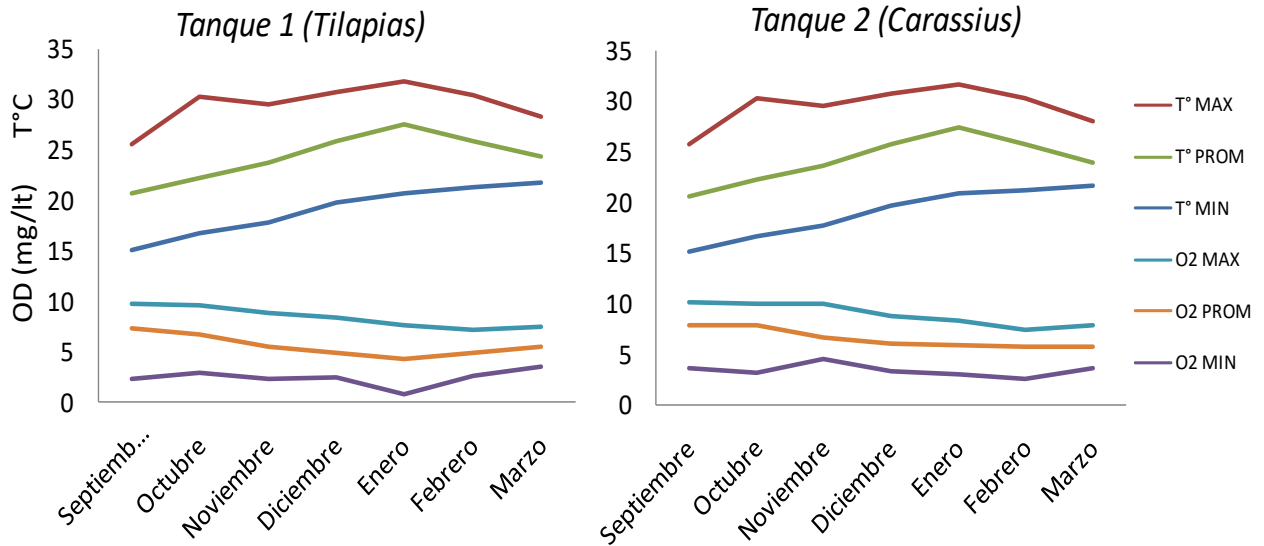
Inicialmente, se hicieron germinar las semillas en almácigos conteniendo distintos sustratos (Perlita<sup>®</sup>; turba, etc) luego se ingresaron los plantines al sistema, cuando presentaron un desarrollo y tamaño adecuado, y de esta forma se fueron completando las superficies de las balsas flotantes. En algunos casos, la falta de desarrollo o adaptación al medio de cultivo por parte de los vegetales, indujo a realizar recambios según los plantines disponibles, por esta razón, hubo diferencias de especies en cada balsa.

Se incorporó hierro quelatado cada 15 días, directamente sobre el agua de las balsas, previa dilución del fertilizante líquido hasta alcanzar una concentración de 2 mg/L según lo recomendado por Rakocy, et al (2006).

## *Resultados y discusión*

Los parámetros de calidad de agua, temperatura y oxígeno disuelto, y pH registrados durante la experiencia fueron similares en ambos tanques de cultivo (Figuras 2; 3 y 4), registrándose valores en rangos acordes a los tolerados por los peces.

El pH del agua mostró un descenso paulatino característico de los SRA producto de la acidificación derivada del proceso de nitrificación.



Figuras 2 y 3- Valores máximos, mínimos y promedio de temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD mg/l) registrados durante la experiencia en los tanques de cultivo 1 y 2.

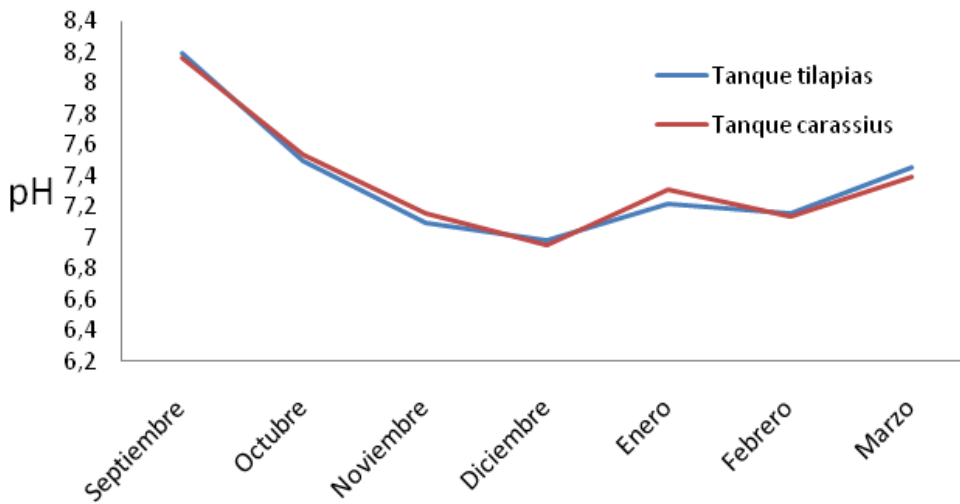


Figura 4- Valores promedio de pH registrado en los tanques de cultivo

## Crecimientos de los peces

La biomasa mantenida en el tanque de tilapias, fue mayor que en el de carassius en todo momento del ensayo, duplicando generalmente el valor de la misma (Tabla 1). La carga en el mismo se mantuvo siempre por debajo de los 24 Kg/m<sup>3</sup>, mientras que en los carassius el promedio fue de 15kg/m<sup>3</sup> y 6Kg/m<sup>3</sup>.

<b>Tilapias</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Peso promedio (g)	58,5	107	165	223	305	413	323
Unidades	48	48	48	46	38	29	14
Biomasa (Kg)	2,81	5,14	7,92	10,26	11,59	11,98	4,52
Cosecha (unidades)				8	9	15	14
Cosecha (Kg)				2,76	3,58	6,08	4,41
Cosecha total (Kg)	16,83						
<b>Carassius</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
Peso promedio (g)	0,90	0,120	1,60	4,20	6,50	8,10	13,0
Unidades	72	2320	2250	1225	680	300	300
Biomasa (Kg)	0,070	0,348	3,948	5,145	4,42	2,43	3,90
Levante (unidades)			70		380		300
Levante (Kg)			0,7		2,47		3,9
Levante total (Kg)	7,07						

Tabla 1- Pesos promedio; biomاسas en los tanques de cultivo; cosechas o levantes durante la experiencia detalladas por mes.

El crecimiento promedio de las tilapias, y el factor de Conversión Relativo Alimentario (FCR) fueron similares a otros trabajos realizados en el CENADAC, mostrando un incremento diario promedio de 2,36 g y un FCR de 1,67 (Figura 5). Mientras que el Lote 1 y Lote 2 de los Carassius, mostraron un IPD de 0,15 y 0,08 g/día respectivamente y un FCR promedio general de 1,44 (Figura 6).

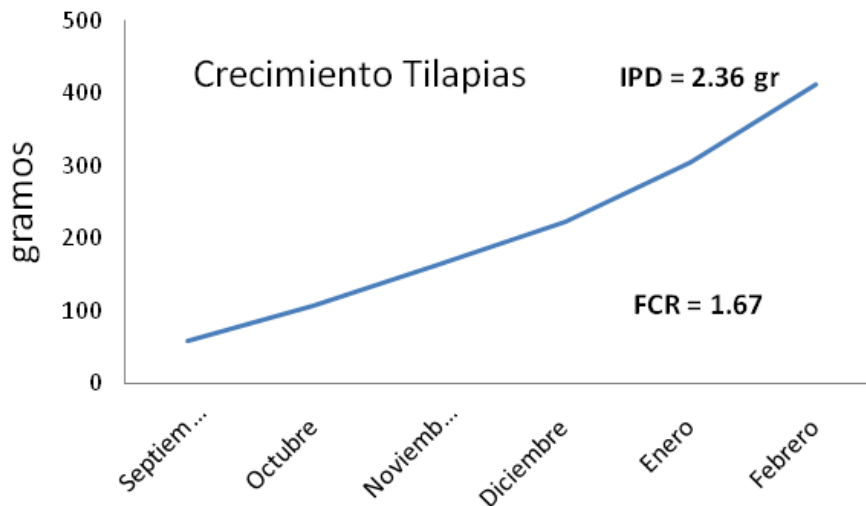


Figura 5- Curva de crecimiento de las tilapias durante la experiencia y detalles del incremento de peso diario promedio (IPD) y factor de conversión del alimento (FCR)

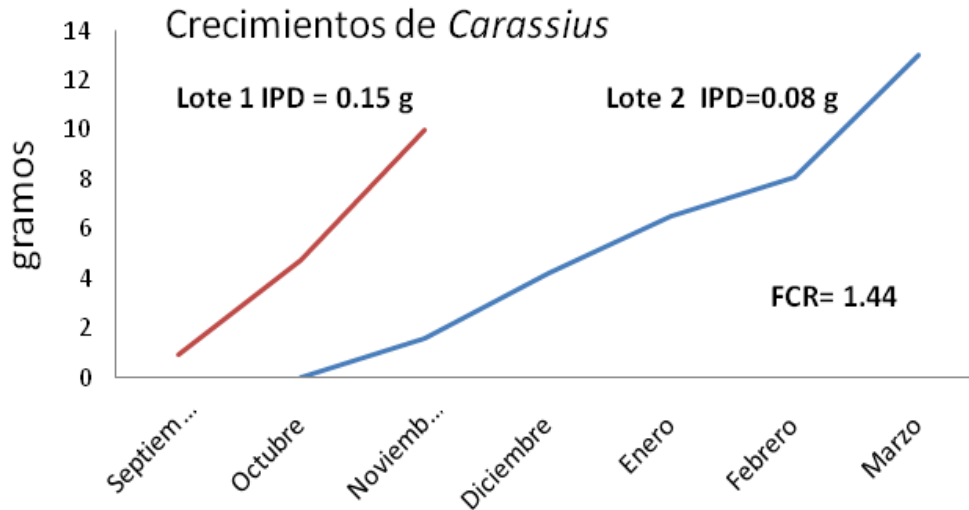


Figura 6- Curvas de crecimiento de los dos lotes de *carassius* cultivados mostrando el incremento diario promedio (IPD) y el factor de conversión alimentario (FCR).

Fue registrada una mortalidad de 1025 peces en Lote 2 de *Carassius*, debido a un corte en el suministro de energía en horas nocturnas, provocando bajas de OD dentro de las unidades de cultivo. Los problemas generados por la interrupción del sistema energético deben preverse, para lo cual es fundamental la instalación de fuentes alternativas.

Las sobrevividas registradas al finalizar la experiencia, resultaron en un 96% para las tilapias y 63.5% en promedio para los *Carassius* (97% lote 1, y 30 % lote 2, respectivamente).

En el lote 1 de *carassius* se registró 52 % peces de color y 48 % marrones, o “silvestre” denominados también como watenai, dato relevante para la valoración en el mercado de acuarismo.

Los pesos muestreados en el lote 2 durante el mes de Febrero registraron una alta dispersión respecto del lote 1. Este lote presentó también diferencias con respecto al lote 1 en cuanto a la coloración (63 % watenai; 37 % color). Cabe aquí aclarar que los watenai fueron levantados a los 6,5 gr y trasladados a otras unidades de cultivo del Centro (fuera de la unidad acuapónica) donde posteriormente muchos tomaron la coloración característica de la especie en tonos rojos, naranja, blancos, etc.

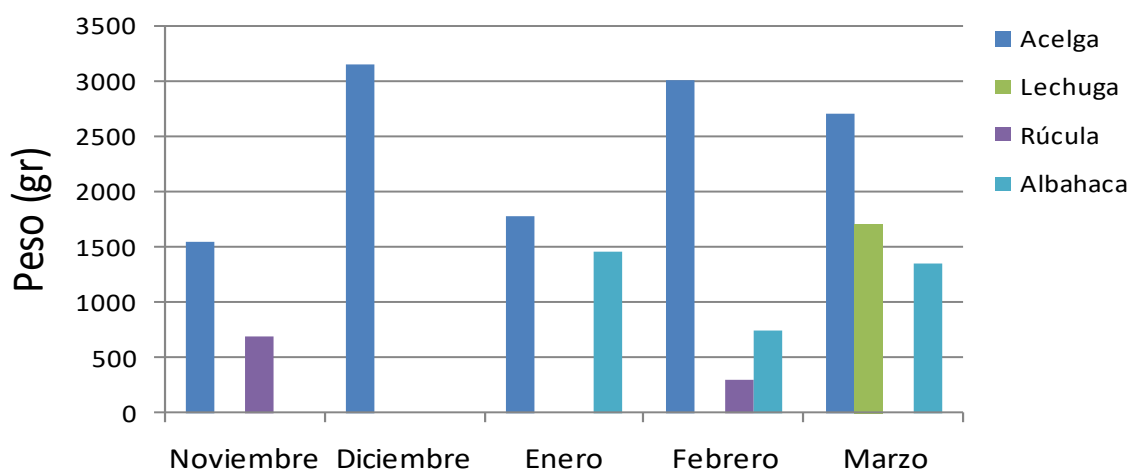
La amplia dispersión de tallas registrada en el lote 2 de *Carassius* podría deberse a su ingreso con menor peso (35 mg) y también a la posibilidad de que se haya producido canibalismo favorecido por la alta densidad inicial. Esto sugiere la necesidad de clasificación de las poblaciones de esta especie.



Es importante la clasificación de los peces ornamentales según *características fenotípicas* derivadas de la genética de los plántulos utilizados en la fase de reproducción, lo que influye de forma central en la rentabilidad de la producción ya que el inicio de cambio de coloración, desde un color silvestre a los característicos rojos, naranjas o amarillos es variable, y puede darse en los primeros meses, o tardar un año o más (Smartt, 2001).

## *Crecimiento de los vegetales*

Las producciones vegetales totales en ambos sistemas fueron similares en cuanto a volumen: 18,44 Kg en sistema tilapias y 16,11 Kg en el de carassius (Figura 7 y 8). Las acelgas y los tomates tuvieron los mayores volúmenes, ambas especies con el 65 % de la biomasa vegetal total producida en cada sistema.



*Figura 7 -Vegetales producidos en sistema con Tilapias por mes.*

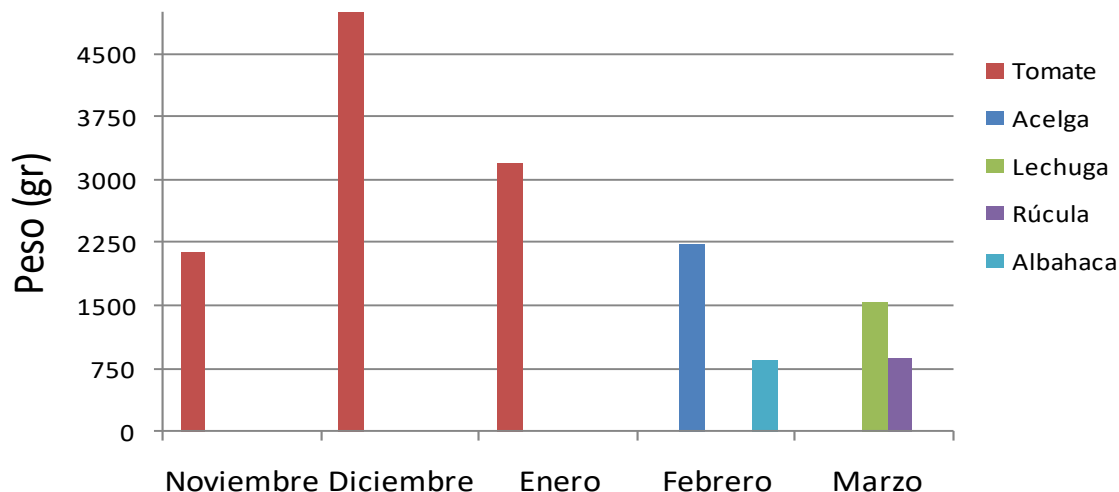


Figura 8 -Vegetales producidos en sistema con Carassius por mes.

En algunos casos, los vegetales no lograron una adaptación plena, presentando crecimientos atrofiados, probablemente producto del excesivo calor propio de la estación y la zona. La población inicial de plantas de tomate en el sistema de tilapias no llegó a producir frutos, viéndose atacada por hongos que llevaron a la muerte de estas plantas.

Los rendimientos de los vegetales, pueden mejorarse para lo cual se deberán contrarrestar los calores intensos durante el verano, con sistemas de rociadores de agua directamente sobre las plantas. La ventilación también es necesaria y debe considerarse un manejo para evitar un exceso de humedad dentro del invernáculo, situación que interfiere en procesos del crecimiento vegetal y puede ocasionar proliferación de hongos en ciertas plantas (particularmente importante en tomates).

### Valores promedio de Carassius en Argentina.

Precios de diferentes variedades de Carassius en Argentina						
Variedades	Bs. As. Capital y provincia			Otras Regiones		
	≤ 4cm	5-9 cm	≥10 cm	≤ 4cm	5-9 cm	≥10 cm
<i>Carassius común</i>	20	30	90	25	40	115
<i>Cometa/subunkin</i>	25	40	150	30	50	175
<i>Cola de velo</i>	25	50	150	30	60	200
<i>Oranda/Red Cap</i>	30	85	250	35	100	350
<i>Telescópico/cálico</i>	45	85	300	50	100	400
<i>Ranchú/Lion head</i>	50	100	400	60	125	600
<i>Burbujas/celestial</i>	50	100	500	60	125	700

*Tabla 2-Precios promedio de diferentes variedades de Carassius en Argentina, en pesos, por unidad y por tamaño (longitud; cm.)\**

*\*Precios consultados vía internet en Enero 2019 (Fuente: Mercado libre, y páginas similares). Valor equivalente 1 dólar=37,5 pesos*

<b>Detalle de las producciones</b>	Sistema tilapia	Sistema carassius
Biomasa animal producida (kg)	16,83	7,07
Unidades de peces producidos	46	750
Biomasa vegetal producida (kg)	18,44	16,11
Costo alimento	400	250
Otros costos*	400	400
Valor neto peces	1450	15000
Ganancia peces	650	14350
Ganancia vegetales	1250	1100
Ganancia total	1900	15450
% rentabilidad peces	34%	93%
% rentabilidad vegetales	66%	7%

*Tabla 3- Detalles de producciones obtenidas en kg de biomasa; costos y valor monetario en pesos argentinos, rentabilidad neta y porcentual.*

*\*Asumiendo 50% de costos del mayor gasto de alimento.*

*Valor equivalente 1 dólar=37,5 pesos*

## **Conclusiones**

Dentro de las producciones acuapónicas existen alternativas para incrementar la rentabilidad de la fase de producción íctica, donde cobra especial importancia el cultivo de especies de alto valor en el mercado del acuarismo. Los sistemas acuapónicos desarrollados con objetivo de producción de peces ornamentales, pueden producir una rentabilidad importante, si se maneja correctamente su comercialización.

Los *Carassius* y tilapias presentan facilidades para la reproducción en cautiverio, lo que los hace aconsejables para los cultivos de ciclos completos, manejando las reproducciones y disponiendo de una provisión permanente de juveniles.

En términos económicos, los peces ornamentales como los *Carassius* representan un valor ampliamente superior a los peces con fines de consumo humano, mostrando en el presente estudio un valor 20 veces mayor al de la tilapia.

Varias especies cultivadas exitosamente en acuaponia para consumo y como ornamento (tilapias; carpas; algunos silúridos; truchas) están disponibles en muchos lugares del mundo, ya sean nativas o por haber sido introducidas oportunamente a través de la acuicultura. Este hecho debe alentar a los productores, seleccionando distintas especies que ofrezcan potenciales ganancias, y definiendo manejos adecuados del ciclo de cultivo a realizar.

Las producciones continuadas son recomendables en este tipo de sistemas integrados, a fines de lograr un flujo monetario constante y una provisión estable de nutrientes para los cultivos vegetales, incrementando el valor de los vegetales fuera de su temporada de cultivo tradicional.

La certificación de los sistemas acuapónicos sería sumamente importante para incrementar los valores de las producciones vegetales; llegando incluso a duplicarlos y hasta triplicarlos respecto de cultivos tradicionales.

## ***Bibliografía***

FAO, (2012). State of world fisheries and aquaculture (SOFIA) – SOFIA 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Department; 250 pp

Gómez E.; Hugo Ferré H.; Cassará H. Y Bordone S., 1997. Cultivo de peces ornamentales (*Carassius auratus* y *Cyprinus carpio*) en sistemas semiintensivos en la Argentina. Boletín Técnico N° 4- Instituto de limnología Dr. Raúl A. Ringuelet

Luchini L., 2006. Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. Dirección de Acuicultura.

Marshall E. Ostrow, 2003 Goldfish: everything about aquariums, varieties, care, nutrition, diseases, and more, Barron's Educational Series.

Rakocy, J.E. 1999. The status of aquaponics Part 1. Aquaculture Magazine. Julio-Agosto, 83 – 88. USA.

Rakocy, J.E, Shultz, R.C, Bailey, D.S. y Thoman, E.S. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. Acta Horticulturae (ISHS) 648:63-69.

Rakocy, J.E, Masser, M.P y Losordo, T.M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Centre Publication No. 454. Southern Regional Aquaculture Centre, USA.

Resh, H.M., 1995. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, CA.

Smartt J., 2001. Goldfish varieties and genetics. Handbook for breeders. Fishing News Books.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp.

Temperán Becerra, Carlos, 2008- "La industria ornamental acuática" Revista ipac Acuicultura, no 29- año 3- 15 de mayo 2008  
[info@ipacuicultura.com](mailto:info@ipacuicultura.com)  
[www.ipacuicultura.com](http://www.ipacuicultura.com)