

Rendimiento en la producción de cinco variedades de tomate cherry *Solanum lycopersicum*, a partir de los nutrientes aportados por carpas (*Cyprinus carpio* en un sistema acuapónico

Performance in the production of five varieties of cherry tomato *Solanum lycopersicum*, from the nutrients provided by carp *Cyprinus carpio* in an aquaponic system

David C. Casimiro Bonifacio¹, Aldo J. Alarcón²,
Romina B. Baggio¹, Silvana Guerrero²,
Laura S. López Greco³, Andrea D. Tombari¹

¹Laboratorio de Contaminación Ambiental (CIT Río Negro-CONICET),
Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro,
Rotonda Cooperación y RP N° 1, 8500
Viedma, Argentina,

²Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Valle Inferior del Río Negro.
RN N° 3 km 971, Camino 4 IDEVI Viedma. 8500.
Río Negro, Argentina,

³Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada (IBBEA) (UBA-
CONICET), Laboratorio de Biología de la Reproducción y el Crecimiento de
Crustáceos Decápodos, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA),
Ciudad Universitaria, C1428EGA - Buenos Aires, Argentina.

Andrea D. Tombari  atombari@unrn.edu.ar

Palabras clave |
acuaponia,
tomate cherry,
Cyprinus carpio,
seguridad alimentaria

RESUMEN | La Acuaponía es una técnica que combina hidroponía y acuicultura. En este sistema los desechos generados por los peces son aprovechados por las plantas y transformados en materia orgánica vegetal. En los últimos años, el desafío por producir hortalizas libres de pesticidas y fertilizantes artificiales, sumado a la promoción de la economía circular, han permitido un avance y difusión de las técnicas acuapónicas y en la diversificación de los vegetales y organismos acuáticos empleados. Por lo antes mencionado, el objetivo del

trabajo es evaluar el rendimiento productivo de cinco variedades de tomate cherry *Solanum lycopersicum* en un sistema acuapónico, con carpa *Cyprinus carpio*. El estudio fue realizado en un invernáculo del INTA Valle Inferior, Viedma (40° 48' S; 63° 05' W). El ensayo constaba de un estanque de 1m³ con flujo de agua ininterrumpido y constante, conectado a un decantador, un sedimentador y un filtro biológico. El modelo hidropónico utilizado en el sistema fue el de balsa flotante con piedra puzolana como sustrato inerte. Las variedades de tomate cherry empleadas fueron: kumato, amarillo, chocolate, brasil y green, y se utilizaron carpas como organismos acuáticos. De las 5 variedades de *S. lycopersicum*, las que presentaron mayor crecimiento fueron: amarillo, seguida por chocolate y kumato. Los peces presentaron un aumento del peso del 467,03% con la dieta suministrada. Considerando que el alimento recibido por los peces fue la única fuente de ingreso de nutrientes para el sistema, podemos inferir que con 9,60 kg de alimento para peces, se pudo producir 25,95 kg de alimento a escala familiar, es decir 20,10 kg de tomate junto con 5,85 kg de pescado. Este ensayo, es el primero en la región que permite aprovechar un recurso exótico y desaprovechado como la carpa, para obtener proteínas de origen animal y vegetales para el consumo humano.

Keywords |
aquaponics,
cherry tomato,
Cyprinus carpio,
food safety

ABSTRACT | Aquaponics is a technique that combines hydroponics and aquaculture. In this system, wastes generated by the fish are used by plants and transformed into organic plant matter. In recent years, the challenge of producing vegetables free of pesticides and artificial fertilizers and the promotion of the circular economy have allowed the advancement and dissemination of aquaponic techniques together with the diversification of vegetables and aquatic organisms used. Due to the aforementioned, the objective of this work is to evaluate the productive performance of five varieties of cherry tomato *Solanum lycopersicum* in an aquaponic system, with carp *Cyprinus carpio*. The study was carried out in a greenhouse at INTA Valle Inferior, Viedma (40° 48' S; 63° 05' W). The test consisted of a 1m³ pond with an uninterrupted and constant flow of water, connected to a decanter, a settler and a biological filter. The hydroponic model used in the system was a floating raft with pozzolana stone as an inert substrate. The cherry tomato varieties used were:

kumato; yellow; chocolate; brazil and green and carp were used as aquatic organism. Of the 5 varieties of *S. lycopersicum*, the yellow variety showed the greatest growth, followed by chocolate and kumato. The fish showed a weight increase of 467.03% with the diet supplied. Considering that the food received by the fish was the only source of nutrient input for the system, we can infer that with 9.60 kg of fish food, 25.95 kg of family food could be produced, involving 20.10 kg of tomatoes plus 5.85 kg of fish. This trial is the first in the region that makes it possible to take advantage of an exotic and underutilized resource such as carp, to obtain animal and vegetable proteins for human consumption.

INTRODUCCIÓN

La pandemia por COVID-19 desencadenó una nueva crisis en la seguridad alimentaria; se estima que casi una décima parte de la población mundial sufrió hambre crónica durante 2020. Esta crisis sanitaria dejó en evidencia problemáticas estructurales relacionados a la provisión de alimentos, tal como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA), el Programa Mundial de Alimentos (PMA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Si bien hubo datos alentadores para 2021, en 2022 se desató otro factor que afecta la seguridad alimentaria y la problemática mundial sobre disponibilidad de alimentos, como son el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania (Carciofi *et al.*, 2022) y el actual enfrentamiento entre Israel y Palestina. Sin ir más lejos, países como Argentina que sufren una importante inflación en el precio de los alimentos, afectan principalmente en las familias pobres quienes destinan la mayor parte de sus ingresos a la compra de los mismos (AMIS, 2022).

Las problemáticas globales antes mencionadas, sumadas a la escasez de alimento, disminución de la producción pesquera y la necesidad de proteína barata de alta calidad, han permitido que la acuicultura se considere una industria en crecimiento ya que actualmente produce cerca de la mitad del suministro total de pescado comestible. Por otro lado, las técnicas de cultivo agrícolas tradicionales no hacen uso responsable de los recursos, atentando

contra la seguridad alimentaria de los consumidores. Las cosechas se han incrementado a costa de un mayor uso de plaguicidas y fertilizantes, lo que constituye una amenaza para la salud humana y para el ecosistema. (Hernández Perez, 2011). En este sentido, la acuaponía es una actividad donde el ambiente y la producción van de la mano, garantizando la seguridad alimentaria (Gorosito et al., 2016) y además resulta una opción atractiva para lograr una producción de alimentos, siguiendo los principios del reuso de aguas residuales, e integrando sistemas agrícolas con acuícolas (Diver, 2006).

La Acuaponía es una técnica que combina hidroponía y acuicultura, y se basa en un sistema que cultiva plantas en agua de acuicultura recirculada. En este sistema, los desechos generados por los peces son aprovechados por las plantas y transformados en materia orgánica vegetal. Un componente extra presente en el sistema, son las colonias de bacterias que realizan dos funciones: degradar los compuestos nitrogenados en su forma tóxica para los peces (amonio y nitritos), y proveer de nutrientes a las plantas, gracias a la transformación que realizan las bacterias de amonio y nitritos, a nitratos. La acuaponía presenta varias ventajas sobre los sistemas convencionales de producción hortícola y piscícola, reduciendo la cantidad de agua por su reutilización, reduciendo los costos de operación por acarreo de agua, evitando la dependencia del suelo y disminuyendo el uso de fertilizantes (Diver, 2006). Su práctica más amplia es en la agricultura sostenible, especialmente a escala familiar y en lugares donde la agricultura basada en el suelo es difícil o imposible. Si bien los principios de la acuaponía se han aplicado desde tiempos antiguos, los antecedentes en nuestro país son escasos y en su mayoría se limitan a la tilapia, como organismo acuático proveedor de nutrientes y a la lechuga como destinataria de los mismos. La acuaponía representa no sólo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas, contribuyendo a la vez con la seguridad alimentaria (Mercado Albarran et al., 2019). La agricultura "sin suelo" es uno de los aspectos de mayor crecimiento científico, económico y tecnológico dentro de la agricultura en los últimos 200 años. A nivel global, predominantemente en naciones desarrolladas, hay una mayor demanda por productos fuera de temporada y de alto valor (FAO, 2014).

Por otro lado, en su mayoría los sistemas acuapónicos emplean alimento comercial peletizado para la alimentación de los peces, lo cual incrementa

sustancialmente los costos de producción, representando entre el 70 y 80% de los costos totales (Mercado Albarran *et al.*, 2019). Los peces se encuentran entre los animales de cultivo más eficientes, en lo que respecta a la conversión alimenticia, pero todavía hay una cantidad considerable de desperdicio de nutrientes asociados con el pescado (Heinen *et al.*, 1996; Rafiee *et al.*, 2005). Por ello, resulta fundamental la elección de la especie a cultivar, de manera de equilibrar la relación costo/beneficio de su producción.

El cultivo de Cyprínidos (carpas), de origen asiático, ha sido practicado por siglos en los continentes europeo y asiático. Las carpas (*Cyprinus carpio* - Linnaeus, 1758) necesitan al menos 18°C de temperatura como mínimo para crecer y pueden tolerar hasta los 30°C. Sin embargo, el óptimo crecimiento se produce entre los 20 y 28°C (FAO, 2014). En Argentina, la carpa común, fue introducida alrededor de 1946 y luego se extendió en muchos cuerpos de agua del país. También se la transportó hacia el sur, de tal forma que en Río Negro se la encuentra abundantemente y fue introducida para disminuir la vegetación de los canales de riego. Sin embargo, la carpa común no se alimenta de vegetación. **En general, se considera la como una invasora "molesta", porque invade las aguas templadas cálidas, turbias y compite por alimento y espacio con las especies nativas.** Otra característica de la especie, es que es resistente a las enfermedades y otras causas que debilitan a los peces en general (contaminación, transporte e hibernación). La invasión en los ríos y otros ambientes naturales de Argentina, es una muestra de la degradación de los mismos, a través del tiempo por contaminantes de muy diversas fuentes (Bernal Calle, 2019).

Respecto a la parte hidropónica del sistema, muchos cultivos se pueden producir en este tipo de sistemas, entre ellos el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la especie hortícola más cultivada a nivel mundial, además es considerada como la hortaliza de mayor importancia económica. Este hecho se deriva de los diversos tipos de frutos y de las variadas formas de consumo que ofrece (Marim *et al.*, 2005; Gusmão *et al.*, 2000). Asimismo, la producción hidropónica supera su rendimiento en suelo. Una planta de tomate en tierra produce de 5 a 8 kg, pero en hidroponía puede producir entre 15 y 20 kg (Alpizar Antillón, 2006). En particular, **el tomate tipo "cherry" es caracterizado por pequeños frutos con diferentes tamaños, colores y sabores; actualmente es muy demandado en restaurantes, bares y en la fabricación de diversos platos como aperitivos tipo gourmet**

(Machado et al., 2003).

En el marco de esta situación global, sumado a la expansión demográfica y la crisis ambiental, resulta imprescindible proponer formas sustentables de producir alimentos que den respuestas a todos los sectores poblacionales y a la creciente demanda de alimentos. En los últimos años, el desafío por producir hortalizas libres de pesticidas y fertilizantes artificiales y la promoción de la economía circular, han permitido un avance y difusión de las técnicas acuapónicas y en la diversificación de los vegetales y organismos acuáticos empleados. Por lo antes mencionado, el objetivo del trabajo es evaluar el rendimiento productivo de cinco variedades de tomate cherry *Solanum lycopersicum* en un sistema acuapónico, con carpa común *Cyprinus carpio*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos y condiciones de cultivo

El estudio fue realizado en un invernáculo del INTA Valle Inferior, Viedma, Río Negro (40° 48' S; 63° 05' W). El periodo evaluado fue desde octubre de 2022 a mayo de 2023, tiempo en el que se registró periódicamente la temperatura del ambiente en la que se desarrollaron las plantas.

Para el ensayo se utilizó un contenedor IBC de 1m³ para los peces. El tanque contenía inicialmente 1253 g de carpas *Cyprinus carpio* (Fig. 1"6"), las mismas fueron alimentadas manualmente con un alimento flotante Shulett®, Peishe Koi, de composición: 35% de proteína; 4,0% de grasa cruda y 3,0% de fibra cruda. La ración total diaria correspondió al 3% de peso corporal, distribuida 2 veces al día (8:30 a. m. y 4:00 p. m.).

El contenedor IBC tuvo un flujo de agua ininterrumpido y constante, conectado a un decantador, un sedimentador y un filtro biológico, cada uno de ellos de volumen promedio de 0,2 m³. A continuación se conectó a una bandeja de cultivo de 2,2 x 0,8 x 0,2 m (volumen equivalente a 0,352 m³).

Rendimiento en la producción acuapónica de cinco variedades de tomate cherry

El modelo hidropónico utilizado para el sistema fue el de balsa flotante con sustrato inerte (puzolana). Los plantines utilizados fueron separados cada 25 cm y colocados en un recipiente que contenía 120 cm³ de piedra puzolana. Los plantines correspondieron a cinco variedades de tomate cherry *Solanum lycopersicum*: amarillo, brasil, green, chocolate y kumato (Figura 1, "1 al 5"). Por cada variedad se sembraron 5 plantines con un tamaño aproximado entre 13 y 14 cm y con 3 hojas verdaderas de tamaño entre 4 y 6 mm de diámetro.



Figura 1. Especies utilizadas en el sistema acuapónico. 1-cherry amarillo; 2-brasil; 3-green; 4-chocolate; 5-kumato y 6- carpa *Cyprinus carpio*.

Se registraron los parámetros del agua mensualmente (temperatura, oxígeno disuelto, pH, nitritos y nitratos) mediante medidor multiparamétrico AQUACOMBO HM3070 y tiras de prueba Tetra® test 6 in 1. Para el estudio del rendimiento de las variedades de tomate cherry se registraron las siguientes informaciones: fecha de siembra, fecha de emergencia (germinación de la semilla), fecha de trasplante al sistema y fecha de cosecha. También se determinó el número y peso en gramos de frutos en cada cosecha a lo largo del ciclo (definiendo el ciclo como el número de días entre la siembra y el inicio de cosecha). Los pesos fueron medidos con una balanza digital Electrónica (SF-400), de precisión de 0.1g. Las carpas fueron pesadas mensualmente con una balanza comercial digital Systal Clipse, de

precisión de 1g. Se calculó el Índice de Conversión de Alimento (ICA), como el total del alimento consumido en el período/aumento de biomasa de peces.

RESULTADOS

La temperatura ambiente promedio registrada, dentro del invernáculo y dentro del estanque de los peces, para el periodo del ensayo se resume en la Figura 2.

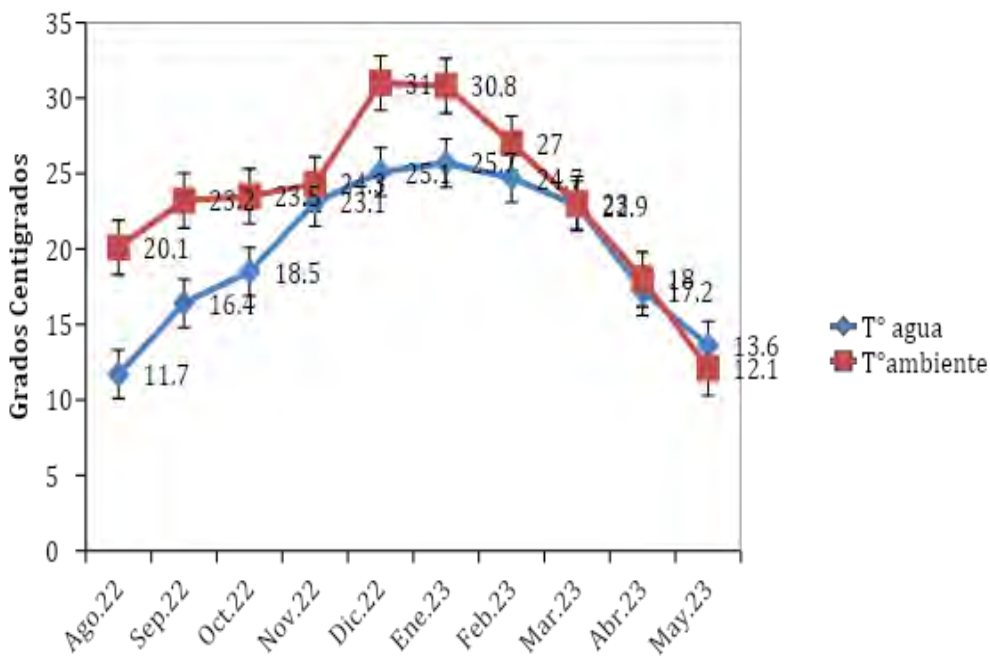


Figura 2. Promedio mensual de temperaturas en el invernadero y su desvío estándar (D.E. 5,71) y del agua de cultivo y su desvío estándar (D.E.5,07).

Respecto a las condiciones del agua del tanque, donde se desarrollaron las carpas, se obtuvieron los valores promedio mensuales (Tabla 1).

Tabla 1. Registro de rangos de los parámetros del agua, durante el periodo del ensayo (T: temperatura; OD: oxígeno disuelto).

Fecha	T (°C)	pH	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	OD (%)
Octubre 22	18,8	7,6	20-40	0,5	85%
Noviembre 22	26	7,5	20	0-0,5	82%
Diciembre 22	25	7,5-8	20	0,5	71%
Enero 23	27	7	0-20	0	66%
Febrero 23	26,3	7,3	20-40	0-0,5	65%
Marzo 23	24,1	7,4	20	0-0,5	67%
Abril 23	13,1	8,1	20	0-0,5	79%
Mayo 23	10,6	6,5	0-20	0-0,5	72%

La variación de la biomasa registrada para la carpa se resume en la Figura 3. El valor final obtenido fue de 7,10 kg lo que representa que el aumento en peso de los peces fue de 5,85 kg.

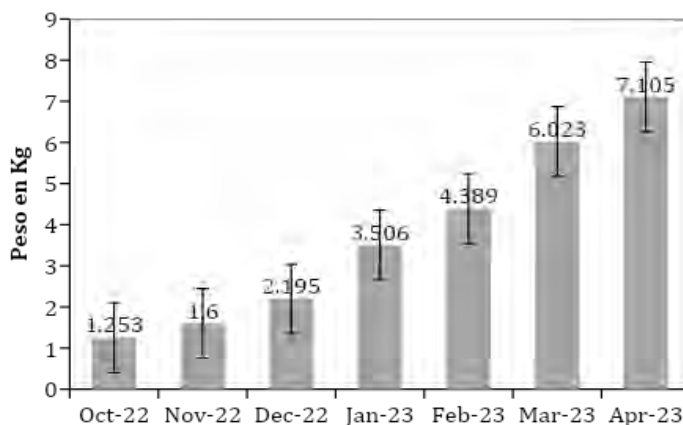


Figura 3. Biomasa de las carpas a lo largo del periodo de estudio. y si desvío estándar (D.E. 2,24).

La cantidad de alimento flotante Shulett® Peishe Koi empleado para la alimentación de los peces, durante el ensayo, fue de 9.600 g . El ICA calculado fue de 1,64.

En el caso de las plantas, todas las variedades llegaron a cosecha. Las variables medidas en las plantas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Fechas de siembra, emergencia, trasplante, cosecha y ciclo de las distintas variedades de tomate cherry *Solanum lycopersicum* (*corresponde al número de días entre la siembra y el inicio de cosecha).

Variedades	Siembra	Emergencia	Trasplante a sistema	Cosecha	Ciclo*
amarillo	14/09/2022	26/09/2022	13/10/2022	11/01/2023	119
brasil			26/10/2022	11/01/2023	119
green			28/10/2022	11/01/2023	119
chocolate			25/10/2022	18/01/2023	126
kumato			20/10/2022	29/12/2022	106

En la Tabla 3 se expresan los resultados en la producción de las cinco variedades de tomate cherry durante el ensayo. Se cosecharon un total de 2087 unidades, por un peso total de 20,10 Kg de tomate cherry en sus cinco variedades.

Tabla 3. Producción por variedad y fecha, en peso y en unidad.

mes/ variedad	amarillo		brasil		green		chocolate		kumato	
	Unidad	peso (g)	Unidad	peso (g)	Unidad	peso (g)	Unidad	peso (g)	Unidad	peso (g)
12/22	-	-	-	-	-	-	-	-	15	172
01/23	89	1171	83	688	10	312	86	1654	95	1025
02/23	29	318	50	380	6	136	65	1192	48	467
03/23	239	2159	191	1100	43	328	122	1524	298	1942
04/23	239	1926	50	310	106	1176	74	1114	26	174
05/23	-	-	-	-	-	-	-	-	123	836
Total	596	5574	374	2478	165	1952	347	5484	605	4616

DISCUSIÓN

Los parámetros medidos respondieron a valores promedio en cultivos acuapónicos, para la fecha en la que se desarrolló el cultivo. En el caso del pH, los valores por encima de 7 que se alcanzaron, son consecuencia de que el agua de uso del sistema proviene del estuario medio del río Negro. Las temperaturas estuvieron siempre dentro de los valores óptimos para el desarrollo de la carpa, las que necesitan al menos 18°C de temperatura como mínimo para crecer y ésta

puede alcanzar hasta los 30°C. El óptimo crecimiento se produce entre los 20°C y 28°C (Bernal Calle, 2019).

La producción de carpa evidenció un buen crecimiento durante el ensayo. Se partió de una biomasa de 1,25 kg, alcanzando un peso total de 7,10 kg. La ganancia en biomasa fue entonces de 5,85 kg, que representa un aumento del 467% para el periodo de octubre 2022 a mayo 2023.

Por otro lado, durante el ensayo, los 9,60 Kg de alimento tuvieron un valor de conversión de 1,64 en las carpas, al transformar el alimento en 5,85 Kg de biomasa. Este índice está contemplado entre los valores óptimos que oscilan entre 1,4 y 1,8 (FAO, 2014). Cabe aclarar, que en los primeros meses del ensayo, crecieron de manera lenta quizás por la adaptación a su nuevo hábitat en el estanque, ya que provenían directamente del río Negro. Esta especie representa un excelente recurso para incorporar proteína animal en la dieta de los pobladores locales. Sin embargo, si bien en varios países la carne de carpa es apreciada, no sucede lo mismo en nuestro país, especialmente en Patagonia donde se la asocia a sabor a "barro" por la presencia de un alga azul que ingiere y cuyas sustancias se fijan en el sistema muscular del pez. Esta característica es fácilmente eliminada por medio de su estadía durante varios días en aguas claras, lo que ocurre cuando son cultivadas en acuaponía y aplicando la técnica de faena correcta para la especie.

En líneas generales, podemos decir que las condiciones de temperaturas normales para el desarrollo, fecundación y cuajado en el tomate pueden ubicarse en torno a los 14°C durante la noche y 25 °C durante el día. Temperaturas superiores a 30°C, como también las inferiores a 10°C, pueden afectar el desarrollo del polen y malograr la fecundación. En este sentido y analizando el gráfico, observamos a los meses de diciembre y enero como los más comprometidos con el riesgo de las altas temperaturas superiores a los 30°C. Por el contrario, a partir de mayo comenzamos a tener riesgos en el normal desarrollo de las plantas por efecto de las bajas temperaturas.

En particular, durante el mes de marzo se obtuvieron los mejores rendimientos en la producción de tomates, excepto para la variedad green que mostró su mejor cosecha para el mes de abril. De las 5 variedades de *S. lycopersicum*

presentaron mayor velocidad de crecimiento para pasar al sistema las de variedad amarillo, seguida por kumato, chocolate, brasil y por último green. En cuanto al ciclo, la variedad kumato presentó menor valor seguida por amarillo, brasil y green. La variedad chocolate, fue la que presentó un ciclo más largo. Por último, la producción en unidades fue mayor para la variedad kumato y la menor para green, mientras que su rendimiento en peso fue mayor para amarillo y menor en green. La variedad kumato, fue la única en producir en todos los meses del ensayo. No se registró producción de las demás variedades durante los meses de diciembre ni mayo. Para el mes de diciembre, solo se produjo la variedad kumato, debido a que fue la que presentó el menor ciclo.

CONCLUSIONES

Los parámetros físicos-químicos de la calidad del agua, medidos durante el experimento, se mantuvieron dentro de los límites óptimos, lo cual permitió el desarrollo normal en peces y plantas.

Los peces presentaron un aumento del peso del 467,03% con la dieta suministrada. Considerando que el alimento recibido por los peces fue la única fuente de ingreso de nutrientes al sistema, se infiere que con 9,60 kg de alimento para peces, se produjeron 28 kg de alimento familiar: 20,10 kg de tomate cherry más 7 kg de pescado (aumento en la biomasa de 5,85 kg).

Entre las variedades de tomate cherry cultivadas, el kumato fue la más precoz y última en cosechar. No obstante, resultó ser la tercera variedad en rendimiento. La mayor producción correspondió a la variedad amarillo, seguida por chocolate, concentrando su oferta entre los meses de enero y abril.

Considerando el rendimiento total de 5,57 kg en la variedad amarillo se pudo determinar un rendimiento promedio por planta de 1,11 kg. con un peso promedio de fruto de 9,3 g.

Este ensayo es el primero en la región que permite aprovechar un recurso invasor y desaprovechado como la carpa, para obtener vegetales de consumo y proteínas de pescado. Se destaca como una forma de cultivo simple que permite

obtener productos de alta calidad nutricional para consumo propio familiar o para comercialización y en este sentido también una posibilidad de empleo local y generación de productos de calidad gourmet.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado a través de los Proyecto PI 40-C-968 y PICT 2021-I-A-287.

REFERENCIAS

Alpizar Antillón, L. (2006). Hidroponía: cultivo sin tierra: elementos básicos para desarrollar la técnica simple de cultivar plantas sin tierra en pequeños espacios, 1ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 104 p. ISBN 9977-66-158-8

AMIS. (2022). AMIS Market Monitor N°99. Agricultural Market Information System. http://www.amisoutlook.org/fileadmin/user_upload/amis/docs/Market_monitor/AMIS_Market_Monitor_current.pdf

Carciofi I., Maspi N., Mendoza F., Guevara Lynch J.P. (2022). Economías regionales en Argentina: sistemas integrados de producción acuícola-vegetal y cultivos arroceros. Aportes de políticas públicas para el impulso local en cadenas productivas ligadas a la agroindustria. Documento 31. Ministerio de Desarrollo Productivo. Plan Argentina Productiva 2030. 105 pp. (https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/31_-_sistemas_integrados_de_produccion_arg_productiva.pdf).

Bernal Calle A. Y. (2019). Análisis de los factores que influyen en el crecimiento de la carpa común *Cyprinus carpio* en condiciones ornamentales, provincia Murillo, ciudad de La Paz, Bolivia. Agro-Vet vol.3, n.1: 321-329. Disponible en: http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2523-20372019000100004&lng=en&nrm=iso. ISSN 2523-2037.

- Diver S. (2006). Aquaponics-integration of ATTRA hydroponics with aquaculture. Publication no. IP163. ATTRA Appropriate Technology Transfer for Rural Areas, pp 1–28.
- FAO. 2014. Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No.589. Rome, FAO. 262pp. <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
- Gorosito A., Zanazzi N., Cecchi F., Imeroni J. C., Mallo J. C. (2016). Acuaponia. Un sistema productivo innovador y sustentable. En: Marcelo O. Cejas, Javier N. Gonella, Fabián M. Sensini (Compiladores) 7ª Jornadas de Ciencia y Tecnología - CyTAL 2016. Libro de Actas [Trabajos presentados]. Villa María, 2016 (p. 15-20). edUTecNe.
- Gusmão S.A.L. de, Pádua J.G., Gusmão M.T.A. de, Braz. L.T. (2000). Efeito da densidade de plantio e forma de tutoramento na produção de tomateiro tipo "cereja" em Jaboticabal-SP. *Hortic. Bras.* 18: 572-573.
- Heinen J.M., Hankins J.A., Adler P.R. (1996). Water quality and waste production in a recirculating trout-culture system with feeding of a higher-energy or a lower-energy diet. *Aquac. Res.* 27: 699–710.
- Hernández Perez A. (2011). Desarrollo de Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) en Respuesta a la Biofertilización Bajo Condiciones de Casasombra y Análisis de Algunos Parámetros Fisiológicos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Química Aplicada. Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura. Saltillo, Coahuila, México. 164 pp.
- Machado J.O., Braz L.T., Grilli G.V.G. (2003). Desempenho de produção de cultivares de tomateiro tipo Cereja em diferentes espaçamentos (CD). *Hortic. Bras.* 21(2), Supl. 2: 356-356.
- Marim B.G., Silva D.J.H., Guimarães M.A., Belfort G. (2005). Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. *Hortic. Bras.* 23(4): 951-955.

Mercado-Albarrán I., Ramírez-Carranza D., Cruz-Monterrosa R., Díaz-Ramírez M., Jiménez-Guzmán J., García-Garibay M., Miranda de la Lama G., Beristain Cardoso R., Rayas-Amor A. (2019). Sistema acuapónico con humedal subsuperficial para producción de carpa (*Cyprinus carpio* L.), fresa (*Fragaria x ananassa* (Duchesne ex Weston) y canola (*Brassica napus* L.). *Agro Productividad*, 12(11). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1520>.

Rafiee G., Saad C.R. (2005). Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis* sp.) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244: 109–118.

