

Sistema Acuapónico Doméstico: Viabilidad económica y evaluación de cultivos

Domestic Aquaponic System: Economic viability and crop evaluation

Isabela Pichardo Velázquez¹, Arisaura Salcedo Pérez².

<https://doi.org/10.29197/pqs.n3.2017.03>

Resumen:

La acuaponía es un sistema donde se entrelazan las técnicas de hidroponía y acuicultura. El objetivo de esta investigación es evaluar el desarrollo y la viabilidad económica del cultivo de lechuga y tilapia, variando la biomasa de tilapia en los sistemas acuapónicos. Se construyeron 4 acuapónicos (SA1≈0 g, SA2≈100 g, SA3≈150 g y SA4≈200 g) y se sembraron 10 lechugas por sistema (0.6 m² de sustrato). Estas se dividieron en dos bloques según la intensidad de la luz recibida. Durante 5 semanas se recolectaron los datos de las lechugas, los peces y la calidad de agua. Resultado: el mejor acuapónico para el desarrollo de la lechuga dentro del actual experimento fue el SA3. Por otro lado, el sistema construido en las condiciones domésticas, presentó no ser viable económicamente en ninguno los tratamientos. Se anima a profundizar en los estudios de acuaponía tanto económica como técnicamente.

Palabras clave:

Acuaponía, aquapónico doméstico, lechuga, viabilidad económica.

Abstract:

Aquaponics is a system that uses both hydroponics and aquaculture techniques. The objective of this research is to evaluate the development and economic viability of lettuce and tilapia production, varying the biomass of tilapia in aquaponic systems. Four aquaponics were constructed (SA1≈0 g, SA2≈100 g, SA3≈150 g and SA4≈200 g), and 10 lettuces were planted per system (0.6 m² of substrate). These were divided into two blocks, according to the intensity of the light received. Data were collected for lettuce, fish and water quality for 5 weeks. Result: the best aquaponic for lettuce development in the current experiment was SA3. On the other hand, the system built in the domestic conditions, presented not to be economically viable in any of the treatments. It is encouraged to deepen the studies of aquaponics both economically and technically.

Keywords:

Aquaponics, domestic aquaponics, lettuce, economic viability.

¹ Licenciada en Ecología y Gestión Ambiental, egresada de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. isabelapichardov@gmail.com

² Licenciada en Ecología y Gestión Ambiental, egresada de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. arisaurasalcedo@gmail.com

Introducción

La acuaponía es un sistema de producción donde se entrelazan las técnicas de hidroponía y acuicultura, para la producción de peces y plantas bajo un solo esquema. Esto se logra a través de un bombeo que recircula el agua de los peces hacia las plantas.

Este sistema de producción se asemeja a un ecosistema equilibrado, donde todos sus elementos deben estar en una proporción óptima para su adecuado funcionamiento. Es decir, en caso de que la cantidad de plantas o peces sea distinto a lo que el sistema necesite, este puede colapsar. Esto se debe a que existirá una exigencia o deficiencia de nutrientes que no podrá ser suplida de manera natural (Caló, 2011).

En la búsqueda bibliográfica no se encontraron datos sobre la relación equilibrada que debe existir entre la densidad de peces y la cantidad de plantas cultivadas en un sistema acuapónico, para poder obtener un mayor rendimiento en el cultivo de ambos, y además que se traduzca en mayores beneficios económicos.

Esta investigación busca evaluar el desarrollo del cultivo de lechuga romana (*L. sativa* L. var. *longifolia*) y la factibilidad económica en 4 sistemas acuapónicos variando la densidad de siembra en la crianza de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x spp.). Y tiene por objetivos específicos: observar el funcionamiento de un sistema acuapónico doméstico al implementar el cultivo de lechuga romana variando la densidad de siembra en la crianza de tilapia; evaluar el rendimiento del cul-

tivo de lechuga romana en un sistema de acuaponía variando la densidad de siembra en la crianza de tilapia; evaluar la relación costo/beneficio de la implementación cultivo de lechuga romana y crianza de tilapia en un sistema de acuaponía doméstica.

Se considera que el desarrollo del cultivo de lechuga romana (*L. sativa* L. var. *longifolia*) en un sistema acuapónico, va a variar según la densidad de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y tilapia

roja (*Oreochromis mossambicus* x spp.) que posea el tanque, y este sistema puede ser viable económicamente.

"En República Dominicana, se practica la acuaponía doméstica de manera particular."

En República Dominicana, se practica la acuaponía doméstica de manera particular. Además actualmente se siguen desarrollando estudios en el área en la Fundación Punta Cana, IDIAF y la Universidad ISA en la que se han implementado varios cursos de "Calidad de Agua y Diseño de Sistema de Acuaponía" en el año 2014 (Reyes, 2014), y su Maestría de Acuicultura y Acuaponía iniciada en septiembre de 2016.

Materiales y métodos

El acuapónico utilizado en este estudio, posee camas de cultivo de sustrato sólido, donde se colocan las plantas. Este sustrato tiene varias funciones: servir de soporte a las plantas, proteger a las raíces de la luz solar, retener cierta cantidad de humedad, albergar las bacterias nitrificantes, y permitir la oxigenación de las raíces por medio de los espacios que se forman entre las partículas (Guzmán et al., 2011).

Las bacterias nitrificantes se encargan de un proceso purificador del agua en el sistema acua-

pónico, al convertir el amoníaco (NH_3), emanado por los peces durante procesos de respiración y sus desechos sólidos, a nitrato (NO_3), que es un compuesto inofensivo para los peces, a la vez que sirve de fuente de alimento a las plantas.

Otros elementos importantes para la instalación de un sistema acuapónico son: el oxigenador, que oxigena el agua para los peces y las raíces de las plantas, lo que ayuda a prevenir la pudrición de las mismas (Colagrosso, 2014); la bomba de agua, que es el motor del sistema acuapónico, que ayuda a la recirculación del agua; y el sifón campana que tiene como función controlar la inundación y descarga de agua de las camas de cultivo.

El cultivo utilizado fue el de lechuga romana (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*), que es la hortaliza más importante de la familia Compositae. Su alto contenido en vitaminas la hace una planta muy apreciada en la dieta moderna y, en consecuencia, de gran importancia económica (Flores et al., 2013). Esta planta constituye una de las hortalizas de hojas de mayor cultivo, comercialización y consumo en la República Dominicana.

La lechuga romana se desarrolla bien en una diversidad de suelos, desde los arcillosos hasta los arenosos. No obstante, los mejores resultados se obtienen en suelos francos, fértiles y de reacción ligeramente ácida (CEDAF, 1999). Además, son muy tolerantes a la humedad, por lo que la convierte en el cultivo más utilizado en los sistemas acuapónicos.

Las lechugas cultivadas en esta investigación se obtuvieron de las semillas marca Tropicá®, las cuales fueron germinadas en bandejas y luego trasplantadas a las camas de cultivo, donde se colocaron 10 plantas de lechuga romana por cama, con 5" equidistantes.

En el caso de los peces, se utilizaron en esta investigación las especies: *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica) y *Oreochromis mossambicus* x spp (tilapia roja). En lo adelante dichas especies serán nombradas como tilapias.

La tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x spp.), son peces de carne blanca, muy sabrosa y de textura firme. Pueden vivir más de cinco años y alcanzar un peso superior de 4 kg. (Alicorp, 2012). Además, son resistentes a las enfermedades y parásitos, toleran agua pobre en oxígeno, y crecen rápidamente (Castillo, 2003). La tilapia está apta para comercialización cuando alcanza los 250 a 350 g, que es un peso fácilmente obtenible entre 5 a 6 meses (Castillo, 2003).

Según la FAO (1966), la tilapia nilótica es la de mayor producción a nivel mundial, junto al híbrido de tilapia roja. Este híbrido representa una especie de gran valor económico, debido a su fina textura y suave sabor (Castillo, 2003).

Las tilapias utilizadas para la presente investigación contaban con un aproximado de 75 días de edad al momento en que fueron sembradas de manera aleatoria en los diferentes sistemas acuapónicos, haciendo un total de 459 g de biomasa, distribuidos entre 48 peces.

Los parámetros a tomar en cuenta en la calidad del agua para un desarrollo óptimo de la tilapia son: el pH (6.5-9.0), temperatura (25°C - 34°C), amoníaco (0.01ppm-0.1 ppm), nitrito (<0.75 ppm), nitrato (<40 ppm), fosfato (0.6ppm-1.5 ppm), y el oxígeno disuelto (>4.5 ppm) (FUNPROVER, s.f.).

De los parámetros antes mencionados, se midieron los siguientes: fosfato (PO_4^{3-}), acidez (pH),

amoníaco (NH₃), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃). Estas medidas fueron tomadas con el equipo API * Freshwater Kit.

Este experimento se realizó en el período febrero-junio del año 2015, iniciando el 14 de febrero y finalizando el 24 de junio del 2015, en una residencia del sector Arroyo Hondo, Distrito Nacional, República Dominicana, localizada en la latitud 18.4999309 y la longitud -69.9347439. Este período estuvo compuesto por 2 etapas: construcción de los sistemas y levantamiento de datos.

Diseño y descripción de los tratamientos

Los tratamientos estarán determinados por la densidad de biomasa en los tanques, distribuidos de la siguiente manera:

- SA2: Sistema de acuaponía con la densidad de siembra de 97 g biomasa por tanque.

- SA3: Sistema de acuaponía con la densidad de siembra de 149 g biomasa por tanque.

- SA4: Sistema de acuaponía con la densidad de siembra de 213 g biomasa por tanque.

La unidad experimental serán las plantas de lechuga romanas, con 10 repeticiones en cada tratamiento.

Se dividió las unidades experimentales en bloques completamente al azar, determinado por un gradiente definido por la intensidad de luz solar, según la posición en las que se encontraban en la cama de cultivo:

- Bloque A: recibieron más intensidad de luz solar.
- Bloque B: recibieron menos intensidad de luz solar.

Los resultados de las variables de las plantas del experimento fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico Infostat * de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. También se realizaron pruebas de separaciones de medias utilizando la prueba de rango múltiples de Duncan con un nivel de confianza de 95 % ($p \leq 0,05$).

Construcción del sistema acuapónico

La etapa de construcción de los sistemas acuapónicos tuvo una duración de 14 semanas: inició el 14 de febrero y terminó el 23 mayo de 2015. Para llevar a cabo la construcción de este sistema se utilizaron 4 tanques cilíndricos de plástico azul de 24 pulgadas (61 cm) de altura y 22 pulgadas (55.9 cm) de diámetro, con capacidad 33 galones (125 litros) de almacenamiento. Para la cama de cultivo se modificaron 2 palés de madera con una división en el centro de cada una para formar dos camas de cultivo por cada palé, con dimensiones de 24" x 24" x 4" cada parte. Se incorporaron a cada palé 4 patas de 48" de altura aproximada. Una vez concluido con el montaje físico del sistema, se llenaron las camas con el sustrato gravilla.

Levantamiento de datos

Esta etapa tuvo una duración de 5 semanas inició el 23 mayo y finalizó el 27 de junio de 2015. Para realizar el levantamiento de datos en esta investigación se llevaron a cabo los siguientes pasos:

A. Al momento de la instalación del experimento, se midió la biomasa de cada tanque de agua con una balanza digital de precisión. Además, se midió la altura y el peso de las plantas, y los parámetros iniciales de calidad del agua.

B. Semanalmente, entre las 8:30 A.M. y 2:00 P.M. se realizaron muestreos y lectura de los prin-

cipales parámetros físicos de la calidad de agua (pH, amoníaco, nitrito, nitrato, fosfato) en los 4 tratamientos.

C. Se alimentaron los peces con alimento especial dos veces al día.

D. A las 5 semanas de iniciarse el experimento, se realizó una última recolección de datos que consistió en pesar la biomasa final de cada tanque; altura y peso final de las lechugas romanas; y los parámetros de la calidad del agua en ese último día del experimento.

Elemento	Parámetros	Rango óptimo	Instrumentos	Frecuencia
Agua	pH	6.5-9	API® Freshwater Master Test Kit	Semanal
Agua	Amoniaco (ppm)	0.01-0.1 ppm	API® Freshwater Master Test Kit	Semanal
Agua	Nitrito (ppm)	<0.75	API® Freshwater Master Test Kit	Semanal
Agua	Nitrato (ppm)	0-40	API® Freshwater Master Test Kit	Semanal
Agua	Fosfato (ppm)	0.6-1.5	API® Freshwater Master Test Kit	Semanal
Plantas	Altura (pulgadas)	6-8	Pie de rey	Inicio-final
Plantas	Peso (g)	300 g	Peso electrónico	Inicio-final
Peces	Peso (g)	150 g	Peso electrónico	Inicio-final

Tabla 1. Cuadro de levantamiento de datos (FUNPROVER, n. f.)

Variables de factibilidad técnica del cultivo de lechuga

La altura se midió al inicio y al final del experimento con un pie de rey, desde la base del cuello del tallo hasta el ápice de la rama de la lechuga que tenía el mayor fototropismo. Los resultados se expresaron en pulgadas.

El peso de la planta se midió al inicio y al final del experimento, en una balanza electrónica que arrojó los datos en gramos. Se tomó planta por planta y se colocó en dicha balanza, hasta terminar de recolectar la información de todas las unidades experimentales.

VARIABLES DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TILAPIA

La tasa de crecimiento de la tilapia se determinó mediante la medición del peso en gramos de los peces, al momento de ser sembrados en el sistema acuapónico, y al concluir el experimento 5 semanas después. La medición se realizó con la utilización de una balanza digital.

La tasa de supervivencia de la tilapia se determinó mediante la cuantificación de las tilapias, que sobrevivieron a las 5 semanas luego de sembradas en los tanques. La tasa de supervivencia (TS) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$TS = \frac{Tf \times 100}{Ti}$$

Donde:

TS= Tasa de Supervivencia (cantidad porcentual de peces que sobrevivieron en el experimento)

Ti= Tilapias vivas sembradas inicialmente

Tf=Tilapias vivas recolectadas finalmente

También se calculó la tasa de crecimiento específico, o Specific Growth Rate (SGR), que se utiliza para estimar la producción de biomasa por día luego de un período de tiempo en específico, con la fórmula:

$$SGR = \frac{\ln Wf - \ln Wi}{t} \times 100$$

Donde:

Wf: peso final.

Wi: peso inicial.

t: tiempo de cultivo expresado en días.

ANÁLISIS ECONÓMICO COSTO/BENEFICIO

Para obtener el análisis de rendimiento beneficio/costo, (RB/C) de la lechuga romana de los tratamientos, se tomó en cuenta el rendimiento en

gramos por metro cuadrado (g/m²), costo de producción, ingresos y precio de venta de la cosecha en pesos dominicanos (RD\$). Para esto se tomó en consideración un área de siembra de 0.6 m², que equivalen a las medida de la cama de siembra del sistema construido para llevar a cabo este experimento.

En este análisis no se considera la mano de obra como un costo, ya que las actividades de construcción y manejo del sistema fueron llevados a cabo en el núcleo familiar del hogar.

Esta variable se calculó, según la fórmula propuesta por Boardman, detallada a continuación:

$$RB/C = \frac{I - C}{C}$$

Donde:

RB/C: Relación Beneficio/Costo

I: Ingreso

C: Costo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros del agua

En cuanto al pH, el tratamiento SA1 tuvo un promedio de 7.84 durante las 5 semanas de muestras, mientras que los tratamientos SA2 y SA3 tuvieron 7.56, y el finalmente el SA4 obtuvo 7.48.

Las muestras de amoníaco se tomaron semanalmente y se mantuvieron en 0 ppm, excepto en la semana 2 y 4 en los tratamientos SA3 y SA4, donde aumentaron a 0.25 ppm.

Para los niveles de nitrito durante las 5 semanas de muestra, hubo un promedio de 0 ppm en el tratamiento SA1, mientras que en el tratamiento SA2 se obtuvieron valores alrededor de 0.23 ppm,

en el SA3 de 0.38 ppm y en el SA4 de 0.63 ppm.

Durante las 5 semanas de muestras, el nitrato dio un promedio de 0 ppm en el SA1; en el SA2 tenía concentraciones cercanas a 32 ppm, mientras que en el SA3 y SA4 oscilaban alrededor de 52 ppm.

El fosfato en el SA1 se mantuvo en valores de 0 durante todo el experimento, el SA2 obtuvo un promedio de 1.85 ppm, el SA3 en 4.2 ppm y el SA4 se mantuvo con valores cercanos a 4.1 ppm.

Se puede dilucidar que los parámetros que estuvieron dentro del rango óptimo en todos los tratamientos fueron la acidez, el amoníaco, y el nitrito. Sin embargo, el nitrato registró un nivel ligeramente mayor (52 ppm) que el rango óptimo (40 ppm) en los tratamientos SA3 y SA4. El fosfato también superó el rango óptimo (1.5 ppm) en todos los tratamientos, a excepción del grupo control, que tuvo valor 0 ppm.

Resultados de tilapias por tratamiento

Los resultados de peso de biomasa de peces por tanques en la primera toma en el SA1 fue de 0 g, ya que fue el grupo control (sin peces); en el SA2 de 97 g, en el SA3 de 149 g y en el SA4 de 213 g. Estos tres últimos tratamientos, contaban con 8, 24 y 16 peces respectivamente. Luego de concluidas las 5 semanas de la investigación, los resultados de peso del tanque SA1 fue 0g con 0 peces, el SA2 contó con 139 g distribuidos entre 7 peces; el SA3 mostró 188 g divididos entre 18 peces, y el SA4 con peso final de 260 g distribuidos entre 12 peces. Cada tanque tuvo un crecimiento distinto, en el SA1 no hubo crecimiento ya que era el grupo control; en el SA2 hubo un aumento de biomasa de 42 g; en el SA3 creció en biomasa 39 g; y en el SA4 aumentó 47 g. Esto arroja un aumento promedio de 42.7 g en todo el experimento. Además, arroja el resultado de que la biomasa final de cada tilapia en los diferentes tratamientos fue de 19.86 g, 10.44 g y 21.67 g respectivamente.

Tratamientos	Biomasa tanques inicial (g)	Cantidad peces inicial (unidad)	Biomasa/pez inicial (g)	Biomasa Tanque Final (g)	Cantidad peces final (unidad)	Biomasa/pez final (g)	Diferencia Biomasa tanques (g)	Diferencia Cantidad Peces (unidad)
SA1	0	0	0	0	0	0	0	0
SA2	97	8	12,13	139	7	19,86	42	1
SA3	149	24	6,21	188	18	10,44	39	6
SA4	213	16	13,31	260	12	21,67	47	4
TOTAL:	459	48	31,65	587	37	51,97	128	11

Tabla 2: Supervivencia y desarrollo de los peces durante el experimento.

La tasa de crecimiento específico (SGR), dio un resultado de 0% para el grupo SA1, un 1.028% para el grupo del SA2, un 0.665% para el SA3, y un 0.568% para el grupo SA4. Lo que significa un aumento diario de 0 g para el SA1, 0.43 g para el SA2, 0.26 g para el SA3 y 0.27 g para el SA4.

Se sembraron 48 peces en la totalidad de tratamientos y hubo una mortalidad de 11 peces, lo que implicó una tasa de supervivencia de 77.08% y una tasa de mortalidad de 22.9%. La tasa de mortalidad normalmente esperada en tilapias es de 33,25% para peces de 150 gramos, de 20% para peces de 50-266 gramos, y de 8% para peces mayores de esos gramos (Proyectos Peruanos, 2013).

Esto indica que la mortalidad total obtenida, cabe dentro de los parámetros normales en la crianza de tilapias.

Resultados del cultivo de lechuga romana

En la tabla 3 y tabla 4 se presentan los datos de la longitud inicial y final de la lechuga romana. También se detalla el peso de cada planta al final del experimento. Estas tablas están organizadas por bloques determinados por un gradiente de intensidad de luz a la que fueron expuestas las plantas de lechuga romana. A partir de estos datos se realizaron los análisis de varianza y separación de medias.

	UE	Inicial	Final	Peso	Inicial	Final	Peso
B1 (+sol)	3	1.6	3.1	0	1.0	6	5
	4	1.2	1.7	0	1.0	5.8	3
	5	1.0	2.4	0	1.2	5.6	38
	6	1.8	2.8	0	0.9	2.2	62
	7	1.7	2.6	0	1.0	3.7	43
B2 (-SOL)	1	0.9	2	0	1.5	4.7	2
	2	1.6	2.8	0	1.2	4.3	4
	8	1.4	2.9	0	0.9	4.1	7
	9	1.5	3.2	0	1.1	2.2	22
	10	1.6	3	0	0.8	7	5

Tabla 3: Resultados por tratamiento del desarrollo de las plantas en longitud y peso en los tratamientos SA1 y SA3.

		SA2			SA4		
	U.E.	Inicial	Final	Peso	Inicial	Final	Peso
B1(+sol)	1	1.4	6	4	1.1	4	4
	2	0.9	7.1	2	1.0	4.3	3
	3	1.2	7.4	1	1.1	4.2	3
	9	1.3	8.2	0	1.6	5.3	5
	10	1.2	7.3	2	1.1	5.1	4
B2(-sol)	3	1.1	6.4	5	1.4	4.7	2
	4	1.3	6.3	3	1.7	3.4	1
	5	1.0	7.6	1	1.1	4.8	4
	6	1.2	10	1	1.0	5.2	4
	7	1.1	8.9	1	1.3	4.5	2

Tabla 4: Tabla de los resultados por tratamiento del desarrollo de las plantas en longitud y peso en los tratamiento SA2 y SA4.

Análisis de varianza

Usando la variable de altura final como dependiente, el análisis de varianza muestra que solo los tratamientos SA3 y SA4 no presentan diferencias significativas a un grado 0.05 de significancia, por lo cual tuvieron crecimientos similares en cuanto a la altura de las plantas. Además, presentó que tampoco hay diferencias significativas en los bloques por intensidad de luz solar.

"Presentó que tampoco hay diferencias significativas en los bloques por intensidad de luz solar."

Usando la variable peso final como dependiente, el análisis de varianza muestra que hubo diferencias muy significativas ($P=0.0008^{***}$) entre

el tratamiento de SA3 comparado con los tratamientos SA1, SA2 y SA4, que no variaron significativamente entre sí. No hay diferencias significativas en los bloques por la intensidad de luz.

Se tomaron unidades experimentales por cama, y se elaboró un promedio del tamaño al inicio y al final del experimento. En lo referente al tamaño de las plantas, el SA1 inició con un promedio de 1.4" y terminó con 2.65", implicando un crecimiento de 1.25"; el SA2 y SA4 iniciaron con un promedio de altura de 1.2" y tuvieron 7.52" y 4.55" de altura final, lo que implica un crecimiento de 6.32" y 3.35" respectivamente. El tratamiento SA3 tuvo un tamaño inicial de 1.1" y un tamaño final de 4.56", significando un crecimiento de 3.46". Las plantas del tratamiento SA2 crecieron casi el doble que los demás tratamientos, mientras que el SA1 fue el que menos creció.

Se promedió el peso de las plantas en cada tratamiento, que sirvió como una de las variables para medir su desarrollo. Como todas las plántulas de lechuga contaban con la misma edad, todos los tratamientos tuvieron un peso promedio inicial de 0.3 g. Luego de transcurridas las 5 semanas del experimento, el SA1 tuvo un peso promedio final de 0.5 g, implicando aumento de 0.2 g; el SA2 de 2.0 g, significando un aumento de 1.7 g; el SA3 de 19.1 g, teniendo un incremento de 18.8 g; y el SA4 de 3.4 g, con un crecimiento de 2.9 g.

Resultados de análisis económico

•Costo de instalación

La inversión inicial para la construcción de un sistema acuapónico de inundación y drenaje con sustrato de gravilla, con una cama de cultivo de 0.6 m² y un tanque de 125 L, fue de RD\$7,012.00 pesos en todos los tratamientos.

En cuanto al mantenimiento del sistema, tiene un costo anual de RD\$4,178.00, para el tratamiento SA1; de RD\$4,384.30 para el tratamiento SA2; de RD\$4,797.00 para el tratamiento SA3; y de RD\$4,590.70 para el tratamiento SA4.

•Ingresos

La altura ideal de cosecha de la lechuga romana es entre 6" y 8". Basándonos en el promedio de la tasa de crecimiento de la lechuga romana para cada uno de los tratamientos, y tomando en cuenta que la lechuga romana vale alrededor de RD\$45.00 la unidad³ de venta, se estimaron los ingresos.

Para una cosecha de lechuga anual, el tratamiento SA2 es el que se proyecta con mayores

ingresos, ya que su tasa de crecimiento es de 1.5 pulgadas por semana. Esto lleva a estimar que su cosecha se realiza a las 7 semanas de desarrollo, teniendo una producción anual de 70 unidades de lechuga. Esto generaría un ingreso de RD\$2,835.00 anual. Mientras que los tratamientos SA3 y SA4 mantuvieron ingresos similares de RD\$1,620.00, con una cosecha anual de 40 unidades. Por el contrario, el SA1 no mostró ningún ingreso anual.

En cuanto a las tilapias, la cosecha se realiza cada 6 meses, donde alcanzaría un peso aproximado de 300 gr (Reyes, s.f.), que es cuando se consideran importantes en el mercado. Manteniendo todos los elementos en un estado constante, y calculando el SGR de todos los tratamientos constantes durante 183 días (6 meses), podemos proyectar el desarrollo que tendrán los peces en los diferentes tratamientos. Agregando que la libra de tilapia vale alrededor de RD\$104.00⁴, se pudo realizar las siguientes proyecciones económicas.

El tratamiento SA2 alcanzará un peso de 175.69 g al término de la cosecha, lo que lleva a concluir que ninguna tilapia de dicho tratamiento puede venderse en el mercado. Al proyectar el peso final del SA3, se concluye que tendrá 196.58 g. Esto significa que tampoco alcanza el peso deseado por el mercado. En el caso del SA4, se proyecta un peso final de 262.41 gr, por lo que se concluye que ninguna tilapia de este tratamiento podrá ser comerciable.

Relación de beneficio/costo

Esta variable se calculó, según la fórmula propuesta por Boardman detallada en la metodología. Si el resultado es mayor que 1, presenta una

³ El precio basado en un promedio de 4 cadenas diferentes de distribuidores de alimentos.

⁴ El precio basado en un promedio de 4 cadenas diferentes de distribuidores de alimentos.

ganancia, y si es menor a 1 presenta pérdidas. Como se muestra en la tabla 5, la relación beneficio/costo es negativo para todos sus tratamientos.

Por lo que se demuestra que el sistema doméstico de acuaponía que se levantó en la actual investigación, no es factible económicamente.

Tratamiento	Costo	Ingreso	(I-C)	(I-C)/C
SA1	\$11,190.00	\$ 0	-\$ 11,190.00	1
SA2	\$11,396.30	\$ 2,835.00	-\$ 11,190.01	0.75
SA3	\$11,809.00	\$ 1,620.00	-\$ 11,190.02	0.86
SA4	\$11,602.70	\$ 1,620.00	-\$ 11,190.03	0.86

Tabla 5: Detalle de la relación costo/beneficio por tratamiento de 4 sistemas acuapónicos.

Conclusiones

A partir de los datos recolectados y analizados en este proyecto de investigación, se concluye que:

La concentración de los parámetros del agua observados durante el experimento (amoníaco, nitrito, nitrato, fosfato, acidez), no llegaron a representar niveles tóxicos para los peces, a pesar de que llegaron a límites muy cercanos a la tolerancia de los mismos; a excepción de los niveles del nitrato y el fosfato, que sobrepasaron los límites en el SA3 y en el SA4, dando a dilucidar el grado de tolerancia de estos parámetros fuera del rango óptimo por parte de las tilapias. Se cree que dichos sistemas produjeron mayor cantidad de nutrientes que la capacidad de autorregulación del mismo.

"Con este estudio se abren las puertas a la investigación de acuaponía en República Dominicana, como una alternativa de producción acuícola e hidropónica, y se anima al estudio de la complejidad de este mini ecosistema."

El tratamiento SA2 tuvo mayor crecimiento en altura que los demás tratamientos, sin embargo, el SA3 tuvo mayor desarrollo en biomasa, a pesar de que sus plantas no era el grupo que recibía mayor cantidad de nutrientes. Al ver que el factor biomasa depende de la cantidad de hojas de la planta de lechuga romana, se concluye que la mejor cama de acuaponía con sustrato de gravilla dentro del actual experimento para el desarrollo de lechuga romana fue la SA3. Esto da la oportunidad de continuar indagando en el tema, y observar el desenvolvimiento en otros experimentos similares.

Para que el sistema acuapónico utilizado en este estudio pueda brindar un beneficio económico en el primer año de instalación, tanto las plantas como los peces deberán estar en su óptimo crecimiento. Por otro lado, otros beneficios que puede brindar son ornamentales, producción para el autoconsumo, produc-

ción de alimentos orgánicos y para la recreación familiar.

Los datos recolectados de los tanques de las tilapias arrojan que el SA4 tuvo mayor desarrollo que los demás tanques. Se cree que dicho tanque recolectaba los parámetros químicos del agua adecuados para su desarrollo, así como el espacio indicado.

Con este estudio se abren las puertas a la investigación de acuaponía en República Dominicana, como una alternativa de producción acuícola e hidropónica, y se anima al estudio de la complejidad de este mini ecosistema.

Referencias

- Alicorp. (2012). Manual de crianza de tilapia. Recuperado de: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
- Caló, P. (2011). Introducción a la Acuaponía. Argentina: Centro Nacional de Desarrollo Acuícola.
- Castillo, L. F. (2003). La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Recuperado de: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>
- Centro de Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF) (1999, Marzo). Guía Técnica No. 34. Serie de cultivos: Cultivo de lechuga romana y apio. Recuperado de: <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/lechugapio.pdf>
- Colagrosso, A. (2015). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Italia: Youcanprint Self-Publishing.
- Flores, L. G. y Madrid, J. R. (2013). Comparación de la producción de lechuga romana de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano. (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER) (Sin fecha). Manual de producción de Tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad. Recuperado de: <http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf> Veracruz, México.
- Guzmán, R. y Moreno, L. (2011, mayo). La Acuaponía: Una estrategia interdisciplinaria generadora de conocimiento en la Escuela Normal Superior de Gacheta. Recuperado de: <http://escuelanormal-superiordegacheta.files.wordpress.com/2011/05/articulonormal-gacheta.pdf>
- Proyectos Peruanos (2014). Crianza y producción de Tilapia. (Sección de 3.3 de La Producción, párr. 4.) Recuperado de <http://proyectosperuanos.com/tilapias/>
- Reyes, M. (2014, diciembre 28). Capacitan sobre calidad de agua y diseño de sistema en acuaponía. En Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Recuperado de <http://www.idiaf.gov.do/noticias/detallemain.php?ID=1864>
- Reyes, M. (Sin Fecha). Datos generales sobre el cultivo de Tilapia en R.D. República Dominicana: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) (no publicado).