

Evaluación bio-económica de alojamientos y densidades de siembra para el cultivo de caracoles comestibles de agua dulce (*Pomacea flagellata* Say, 1827)

Benavides, J. R.

Licenciatura en Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: roxanabenavides@hotmail.com

Chacón, M.A.

Licenciatura en Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: maria01_chacon01@yahoo.es

Portillo N. Y.

Licenciatura en Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: portyyam_tein@hotmail.com

Ruano Iraheta, C. E.

Departamento de Zootecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: carlos.ruano@ues.edu.sv

Erroa Ramos, I.R.

Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: idalia.erroa@ues.edu.sv

Ramos Sosa, R.A

Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: Rudy.ramos@ues.edu.sv

Resumen

Existe información limitada sobre el cultivo de caracoles de agua dulce del orden Mesogastropoda y familia Ampullaridae en El Salvador. La mayoría de la población desconoce este recurso y los beneficios potenciales que tiene para la familia de las zonas rurales. El alojamiento y la densidad del caracol *Pomacea flagellata* Say fue evaluado durante 180 días en la Piscigranja de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador. Los tratamientos fueron: tanque de asbesto con densidad de 1 caracol / 3 litros de agua, tanque de asbesto con 1 caracol / 6 litros de agua, recipientes plásticos con 1 caracol / 3 litros de agua y recipientes plásticos con 1 caracol / 6 litros de agua. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La cantidad de caracoles por repetición varió según la densidad. La regresión lineal se usó para conocer la relación entre peso y tamaño. Además se realizó un análisis bromatológico y un parasitológico. Las variables evaluadas fueron: peso, tamaño, sobrevivencia, rendimiento de material comestible y comparación de peso con tamaño. También se realizó una comparación económica (presupuesto parcial). No se observó diferencia significativa en peso y tamaño. En el rendimiento se obtuvo significancia estadística ($p=0.028$) y el valor mayor fue 59.44% en recipientes plásticos con 1 caracol / 6 litros de agua. La mayor sobrevivencia correspondió al recipiente plástico con 1 caracol / 3 litros de agua con un 97.95%. Se obtuvo una relación lineal positiva entre el peso y el tamaño ($r^2=0.96$, 0.96 y 0.95% para altura, diámetro y eje de la concha, respectivamente). En el presupuesto parcial todos los tratamientos resultaron con beneficios netos negativos, debido a las bajas densidades, el costo de los alojamientos y transporte. Según el análisis bromatológico, la proteína y grasa en base seca del material comestible fueron 51.50 % y 5.60 %, respectivamente. En el parasitológico únicamente se observaron quistes de amibas de vida libre de *Endolimax nana*. La principal conclusión fue: el peso y tamaño de los caracoles durante el crecimiento fue similar estadísticamente para todos los tratamientos.

Palabras clave: *Pomacea flagellata* Say, caracoles de agua dulce, seguridad alimentaria, Mesogastropoda, Ampullaridae.

Abstract

There is limited information about freshwater snails order Mesogastropoda and family Ampullaridae in El Salvador. The majority of people do not know this resource and its potential benefits. This research was developed at the fish farm of the School of Biology, University of El Salvador. The effect of housing and density in the production of *Pomacea flagellata* Say was evaluated during 180 days. The treatments were: asbestos tank with snail density of 1/3 liters of water, asbestos tank with snail density of 1/6 liters of water, plastic containers with snail density of 1/3 liters of water and plastic containers with snail density of 1/6 liters of water. Was used the statistical design completely randomized with five replicates per treatment. The variables evaluated were: weight, height, diameter, axis of the shell, yield, survival and weight compared with size. Was used an economical comparison using partial budget. There was no significant difference between weight, height, diameter and axis of the shell; while the yield of edible material was obtained statistical significance ($p = 0.028$). The highest value was 58.91% in plastic containers with 1 snail / 6 lt of water. The best survival results corresponded to plastic containers with 1/3 liters of water with 97.95%. In the comparison of weight and size was a positive relation between the variables ($r^2=0.96$, 0.96 y 0.95 % for height, diameter and axis of the shell). In the partial budget showed in all treatments, net profits were negative due to low densities and high cost of the housing and transportation. The edible material analysis showed high protein and low fat in dry basis: 51.50 % y 5.60 %. The parasitological diagnosis reported *Endolimax nana*. The main conclusion was: the weight and size for the snails during the growth was statistically similar for all treatments.

Key words: *Pomacea flagellata*, Say, Freshwater, snails, food, safety, Mesogastropoda, Ampullaridae.

Introducción

La crianza de caracoles tiene muchas ventajas sobre otros cultivos: son nutritivos y libres de huesos y otros desechos; su cultivo no requiere de importación de granos o concentrados; por lo tanto, no compiten con los humanos por el alimento (Jiménez Pérez y Santamaría 2008). Según Lobo Vargas (1986), el cultivo del caracol es una alternativa de alimentación, por su alto contenido proteico (59%). Viladeval (1983), por su parte reportó minerales como: calcio, magnesio, zinc, cobre, manganeso, níquel, cobalto, aluminio, azufre y yodo además de la vitamina C, lo que lo convierte en un alimento completo. Los caracoles *Pomacea flagellata* pertenecen al orden Mesogastropoda y familia Ampullaridae. Tienen una distribución geográfica tropical y subtropical en los diferentes continentes (Ozaeta, 2002). Habitan ríos y esteros, donde el agua no corre con mucha fuerza, pero tiene un movimiento constante, para permanecer oxigenada. Por lo general se encuentran en lugares no muy profundos, ni muy soleados, donde las plantas de orilla y acuáticas como la ninfa acuática *Eichornia crassipes* les proporcionan sombra y alimentación a estos animales. Son animales nocturnos, así que aprovechan estas horas para alimentarse (Puentes y Morales, 2000). También se le considera herbívoro y omnívoro, ya que puede comer prácticamente de todo: algas de todo tipo, guisantes, acelga, pepino, artemia, pescado, carroña y alimento en escamas para peces (Erivaj, 2006). En cuanto a la anatomía posee una respiración branquial-pulmonar, para lo cual poseen una estructura que se conoce con el nombre de sifón que posteriormente se dirigirá hacia el saco pulmonar (Puentes y Morales, 2000).

Los parámetros físico-químicos del agua más importantes para el caracol *Pomacea* sp. son la temperatura, oxígeno, pH y concentración de carbonato de calcio. Ozaeta (2002), encontró que la temperatura óptima del agua varía entre 22°C a 25°C; los niveles de oxígeno de 1 a 4 ppm.; el pH entre 6 a 9; concentración de carbonato disuelto en el agua entre 80 y 130 mg/l, para una buena formación de la concha.

Reyes citado por Ozaeta (2002) evaluó una densidad de siembra de un caracol por nueve litros de agua.

Parra (1984), citado por Brito *et al.* s.f. evaluó una densidad de un caracol por cada cuatro litros de agua y se obtuvieron tasas de sobrevivencia en *P. flagellata* entre 80% y 100%. La talla comercial la pueden alcanzar a partir de los cinco a seis meses, con un diámetro hasta de más de 40 mm.; con peso promedio de 9.8 g con concha (Ozaeta, 2002).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la biomasa del caracol (*Pomacea flagellata* Say), el rendimiento, sobrevivencia y la rentabilidad en dos alojamientos y dos densidades de siembra en condiciones controladas.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Piscigranja de la Escuela de Biología, de la Universidad de El Salvador. La fase pre-experimental y experimental fue de 180 días.

Metodología de campo: durante la fase pre-experimental, se colectaron huevos de caracoles *P. flagellata*, orden Mesogastropoda y familia Ampullaridae, en un manantial de Chanmico,

municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, El Salvador. Estos huevos fueron trasladados al Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Luego se transfirieron las masas de huevos a un recipiente con agua por encima de una malla de 5 mm hasta la eclosión de estos. A los caracoles inmaduros se les ofreció alimento para peces y luego se colocaron en las dos modalidades de alojamiento. En esta fase se realizó la preparación del alojamiento, efectuando una limpieza y desinfección utilizando hidróxido de calcio (cal apagada) en el tanque de asbesto en una concentración de 600 gramos/m² (International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Auburn University, s.f.), el cual se usó para pintar las paredes de la estructura utilizando según las dimensiones de los tanques de asbesto una cantidad de 256 gramos de hidróxido de calcio dejándolo por cuatro días. En cuanto a los recipientes plásticos solo se lavaron con abundante agua. Posteriormente se retiraron los restos de hidróxido de calcio con abundante agua en los tanques de asbesto: llenando las modalidades de alojamientos con agua potable; dejándolos reposar por diez días para la maduración del agua y evaporación del cloro. Luego se introdujo la ninfa acuática *Eichornia crassipes* como alimento de los caracoles en una cantidad de 24 gramos por caracol, tanto en recipientes plásticos como en los tanques de asbesto. La fase experimental se inició con la identificación de los caracoles *P. flagellata* Say que se realizó a los 51 días de nacidos, utilizando tinta indeleble de color rojo, enumerándolos correlativamente en la superficie de la concha del caracol. La distribución



de los caracoles en estudio en cada uno de los alojamientos se realizó al azar. La cantidad de carbonato de calcio utilizada en cada tanque de asbesto fue de 10.28 gramos y en cada recipiente plástico un total de 0.92 gramos de carbonato de calcio. En los cambios de agua de los recipientes plásticos y los tanques de asbesto, se eliminó un 30% de agua en todos los tratamientos en la que se utilizaba agua reposada. Para la toma de datos se utilizó el calibrador de vernier que nos ayudó a obtener las medidas: altura, diámetro y eje de la concha del caracol *P. flagellata* Say y para el peso se utilizó una balanza semi-analítica. La toma de datos, el suministro de carbonato de calcio y los cambios de agua se realizaron cada quince días. La investigación se llevó a cabo en dos tanques de asbesto que miden internamente: 1.73 m de largo por 1.32 m de ancho y 0.65 m de profundidad. En cada uno de los tanques se utilizó 0.25 m de profundidad del agua, debido a las densidades de siembra que se manejaron en este estudio. También se utilizaron 10 recipientes plásticos, con las dimensiones internas de 0.33 m de alto por 0.59 m de diámetro superficial por 0.45 m de diámetro inferior, con una profundidad del agua de 0.24 m. Se midieron los parámetros ambientales de temperatura del agua y ambiente (termómetro), humedad relativa (higrómetro) y luminosidad (luxómetro).

Metodología de laboratorio: se realizó análisis bromatológico tanto del caracol como de la ninfa acuática, análisis físico-químico del agua, el diagnóstico de parásitos, y se realizó el análisis bacteriológico de agua utilizada.

Metodología Estadística

Diseño estadístico

Se utilizó el diseño completamente al azar, para realizar la comparación de los cuatro tratamientos, los cuales contaron con cinco repeticiones para cada uno. Se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.) con un nivel de significancia del $\alpha=0.05$ con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.1.3. para las variables en estudio, excepto la sobrevivencia, el peso total (incluyendo la concha) y peso de material comestible a los cuales se les aplicó una comparación de medias.

Las unidades experimentales utilizadas fueron los caracoles *Pomacea flagellata* Say. Los factores en estudio consistieron en las dos modalidades de alojamiento que fueron los tanques de asbesto y los recipientes plásticos y las diferentes densidades de siembra que se evaluaron fueron de 1 caracol / 3 litros y 1 caracol / 6 litros de agua.

Los tratamientos evaluados fueron:

T1: R1D1= tanques de asbesto con densidad de siembra de 1 caracol / 3 litros de agua con 190 caracoles en total y cada repetición formada por 38 unidades experimentales.

T2: R1D2= tanques de asbesto con densidad de siembra de 1 caracol / 6 litros de agua con 95 caracoles en total y cada repetición formada por 19 unidades experimentales.

T3: R2D1= recipientes plásticos con densidad de siembra de 1 caracol / 3 litros de agua con 85 caracoles en total y cada repetición formada por 17 unidades experimentales.

T4: R2D2= recipientes plásticos con densidad de siembra de 1 caracol / 6 litros de agua con 45 caracoles en total y cada repetición formada por 9 unidades experimentales.

Variables en estudio

Peso (g), altura de la concha (mm), diámetro de la concha (mm) y eje de la concha (mm), rendimiento de material comestible (%), sobrevivencia de los caracoles (%) y comparación de peso con tamaño.

Los parámetros físico-químicos del agua fueron: temperatura del agua, oxígeno disuelto (mg/l), pH, y dureza total del agua (mg CaCO₃ /l).

Los parámetros ambientales fueron: iluminación (lux) y temperatura ambiental (°C).

Los parámetros bromatológicos para los caracoles y la planta acuática fueron: proteína (%), grasa (%), cenizas (%), fibra cruda (%) y humedad (%).

El parámetro parasitológico del caracol fue: diagnóstico parasitario cualitativo. Además se realizó un análisis bacteriológico del agua.

Metodología Socioeconómica. Para el análisis económico se utilizó un presupuesto parcial, ya que no incluyeron todos los costos de producción, solo los que fueron afectados por los tratamientos alternativos considerados (CIMMYT, 1988).

Resultados

Peso

El peso de los caracoles se incrementó con el tiempo en todos los tratamientos (Fig. 1). Según el análisis estadístico realizado no hubo diferencia significativa entre los cuatro tratamientos que se evaluaron. El mayor peso promedio comercial

alcanzado en este experimento fue de 13.56 gramos en el T2 (tanques de asbesto con densidad de siembra de 1 caracol / 6 litros de agua con 95 caracoles en total), a los 177 días de edad (casi 6 meses). La ganancia de peso por día obtenido fue de 0.10 gramos con una cantidad de oxígeno en el agua de 4.45 mg/litro.

Altura, diámetro y eje de la concha (mm).

La tendencia con respecto al tiempo fue ascendente en todo el período de evaluación y para todos los tratamientos (Figs. 2, 3, 4). Estadísticamente no hubo diferencia significativa, por lo tanto el crecimiento no fue afectado por el tipo de alojamiento ni por la densidad de siembra evaluada. El tratamiento (T) con mayores dimensiones de crecimiento promedio de la concha fue el del T2 (tanques de asbesto con densidad de siembra de 1 caracol / 6 litros de agua con 95 caracoles en total) que obtuvo 40.07 mm de altura, 38.84 mm de diámetro y 29.88 mm de eje de la concha.

Rendimiento de material comestible del caracol

En el muestreo realizado al momento del sacrificio (finalizado el periodo de engorde del caracol), el tratamiento que obtuvo mayor peso total (incluyendo la concha) fue el T2 (tanques de asbesto con densidad de siembra de 1 caracol / 6 litros de agua con 95 caracoles en total), con 23.86 gramos. En relación al peso de material comestible, el mejor resultado se obtuvo en el T2 con 10.32 gramos, seguido del T1, T3 y el menor peso se obtuvo en el T4 (Fig. 5).

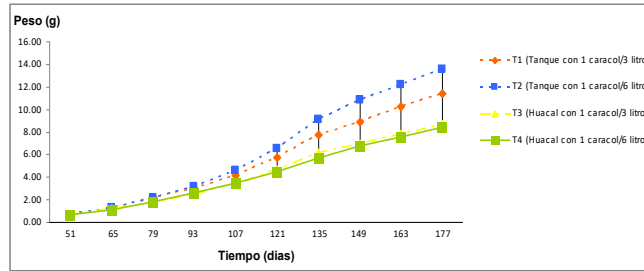


Figura 1. Peso (g) de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, con relación al tiempo

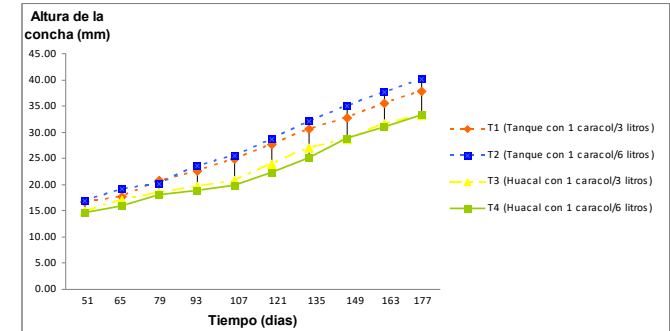


Figura 2. Altura de la concha (mm) de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, con relación al tiempo.

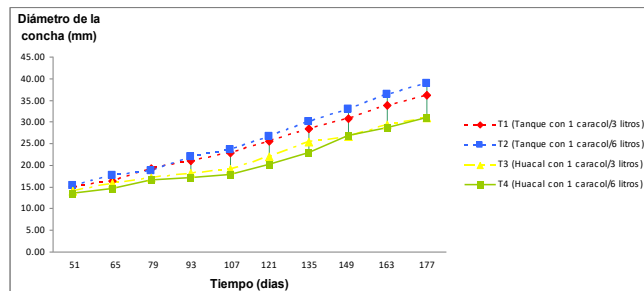


Figura 3. Diámetro de la concha (mm) de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, con relación al tiempo.

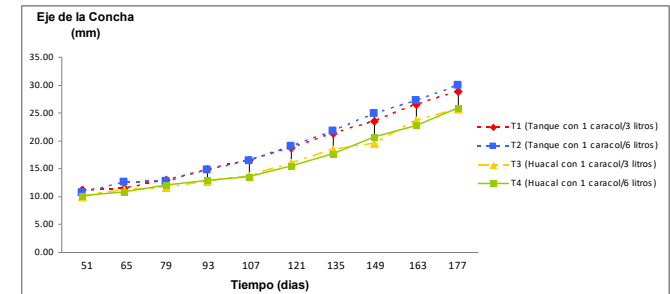


Figura 4. Eje de la concha (mm) de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, con relación al tiempo.

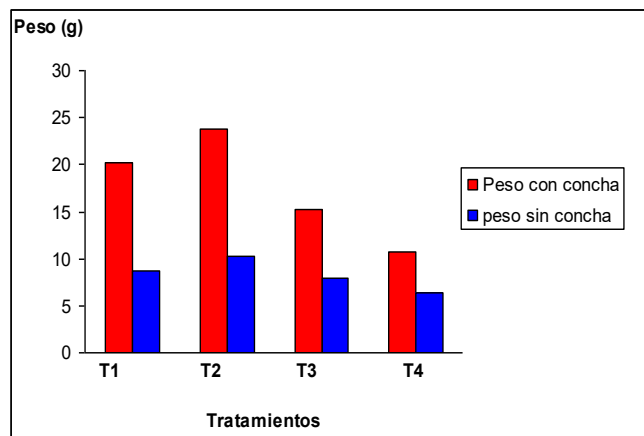


Figura 5. Peso de material comestible con concha y sin concha de los caracoles *Pomacea flagellata* Say.

Según el análisis estadístico el rendimiento de material comestible de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, presentó diferencia significativa en el alojamiento ($p= 0.0278$), mientras que la densidad y la interacción entre alojamiento por densidad no presentaron diferencias significativas. Al aplicar la prueba estadística DMS, se comprobó que los tratamientos de los recipientes plásticos superaron a los tanques de asbesto (Fig. 6).

Sobrevivencia de los caracoles

En general, los valores de sobrevivencia obtenidos fueron altos en todos los tratamientos. El menor porcentaje de sobrevivencia se presentó a los 93 días (77.11% en el T1). A partir de los 107 días se observó mayor sobrevivencia (97.95 %) y se mantuvo casi constante en la mayoría de los tratamientos (Fig.7).

A pesar que los valores promedios de sobrevivencia por tratamiento en los 177 días de evaluación fueron similares, el mayor promedio en el porcentaje de sobrevivencia se obtuvo en el T3 con un 97.95%.

Comparación de peso y tamaño de los caracoles

En el análisis de regresión las variables relacionadas de Peso (X) con Altura (Y), y Peso (X) con Diámetro (Y) y Peso (X) con Eje de la concha (Y), presentaron $r^2=0,96$, $r^2= 0.96$ y $r^2=0.95$ respectivamente, por lo que existe relación positiva y lineal entre las variables (Figs. 8, 9, 10).

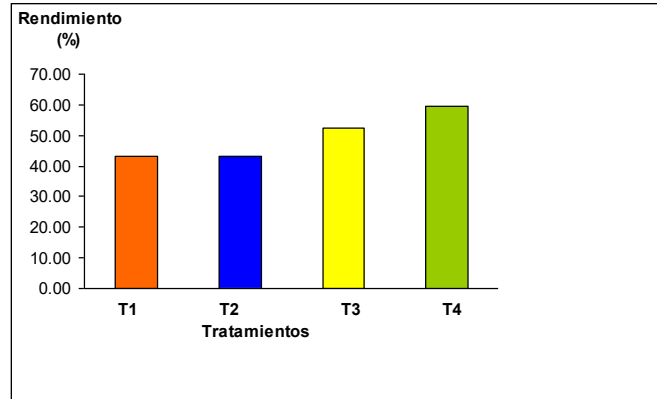


Figura 6. Rendimiento de material comestible de los caracoles *Pomacea flagellata* Say.

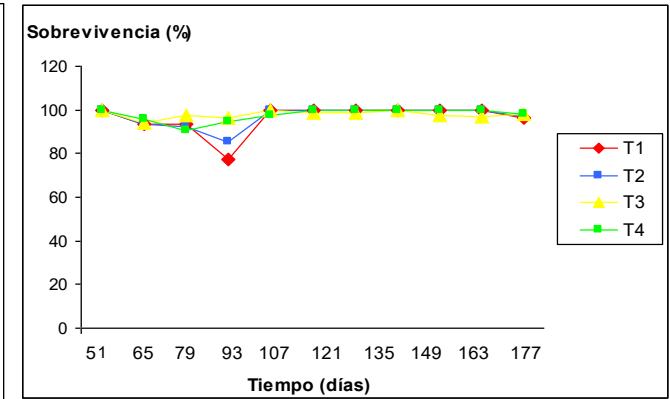


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de los caracoles *Pomacea flagellata* Say, por tratamiento.

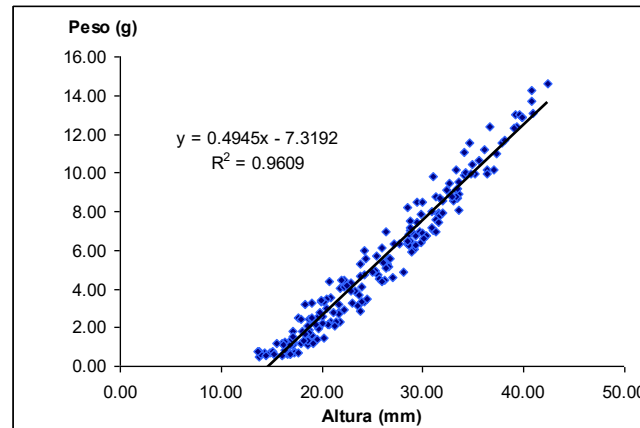


Figura 8. Relación entre el peso de los caracoles y la altura de la concha.

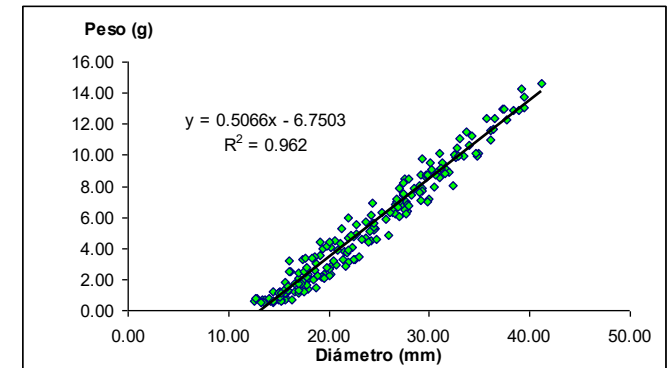


Figura 9. Relación entre el peso de los caracoles y el diámetro de la concha.

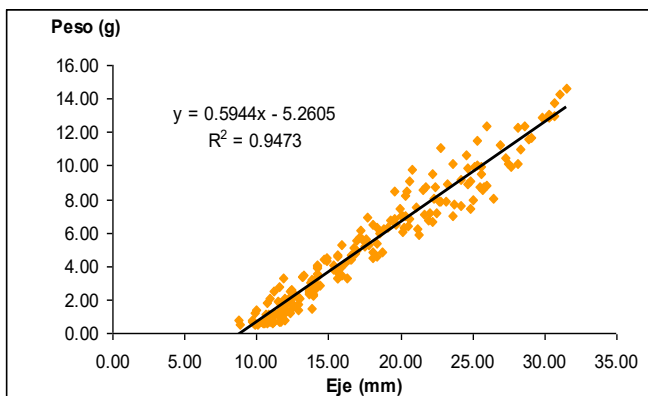


Figura 10. Relación entre el peso de los caracoles y el eje de la concha. Comparación económica.

Comparación económica

Los mayores beneficios brutos de campo se observaron en los tanques de asbesto, lo que correspondió a los mayores pesos totales (incluyendo concha), pero los mejores beneficios netos, se obtuvieron en los recipientes plásticos. Todos los tratamientos resultaron con beneficios netos negativos (Cuadro 1).

Resultados de laboratorio

Parámetros físico- químicos del agua

La temperatura promedio del agua para todos los tratamientos fue 20.6 °C. En el día 93 se obtuvieron valores bajos de 17.6 a 18°C.

Los parámetros químicos oxígeno disuelto, pH y dureza total del agua para todos los tratamientos se mantuvieron en los rangos: 4.45 a 5.61 mg/l, 7.03 a 7.24 y 2465.98 a 2564.23mg de CaCO₃/l.

Cuadro 1. Presupuesto parcial para los tratamientos (USD).

Detalle	T1	T2	T3	T4
Beneficio bruto	6.49	4.20	2.64	1.31
Transporte de huevos de caracoles	3.20	1.60	1.43	0.76
Carbonato de calcio	0.0043	0.0043	0.0004	0.0004
Ninfa	1.76	0.93	0.93	0.47
Uso de tanque	2.50	2.50	0.00	0.00
Uso de recipiente plástico	0.00	0.00	1.38	1.38
Alambre galvanizado	0.36	0.36	0.53	0.53
Tela impermeable	1.80	1.80	0.45	0.45
Total de costos que varían	9.63	7.20	4.72	3.59
Beneficios netos	(3.14)	(3.00)	(2.08)	(2.28)

Parámetros ambientales

La iluminación y la temperatura del aire fueron normales para la mayoría de días, excepto el día 93, en el cual los valores fueron los más bajos debido a lluvias intensas y continuas. La iluminación de ese día fue 707 lux y la temperatura del aire de 19.7°C.

Análisis bromatológico de los caracoles *Pomacea flagellata* Say

Se obtuvo un porcentaje de proteína en base seca de 51.50 %, grasa 5.60%, fibra 0.56%, y humedad 83.69%.

Análisis bromatológico de la ninfa acuática (*Eichornia crassipes*)

Se obtuvo un porcentaje de proteína en base seca de 17.77 %, 30.46% de grasa, minerales 19.06%, fibra 19.59% y humedad 98.29%.

Análisis parasitológico

En el muestreo realizado a 20 caracoles provenientes de todos los tratamientos se encontraron quistes de amibas de vida libre del género y especie *Endolimax nana* en el 70% de los caracoles.

Determinación de calidad bacteriológica de agua (Determinación de número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales)

En el análisis bacteriológico del agua utilizada para el cultivo de caracoles los resultados para coliformes totales son 90 NMP/100 ml y 17 NMP/100 ml para coliformes fecales.

Discusión

La alimentación con la ninfa acuática proporcionó a las unidades experimentales un aumento de peso aceptable comercialmente al estar de forma

permanente en cada uno de los tratamientos. La ganancia de peso de los caracoles estuvo influenciada por los nutrientes que adquirieron de la ninfa (17.77 % de proteína) y algas que ayudaron a ganar mayor cantidad de músculo o de vísceras, como lo menciona Puentes y Morales (2000). Los resultados de peso y tamaño obtenidos fueron similares a los obtenidos por Ozaeta (2002) en Guatemala quien suministró ninfa acuática (*Eichornia crassipes*) *ad libitum* a los caracoles en estudio. El peso promedio que obtuvo fue 15.44 gramos y la longitud promedio fue 38.06 mm en cuatro meses. La ganancia de peso por día fue 0.04 gramos con 1.08 mg/litros de oxígeno en el agua. Lobo (1986) afirmó que la longitud desde el punto de vista comercial debe oscilar entre los 30 y 35 mm. En la investigación realizada por Iriarte Rodríguez *et al.* (2007), la longitud promedio de cosecha fue de 42.29 mm utilizando hojas de chaya en la alimentación de los caracoles por un periodo de dieciséis semanas.

El rendimiento de material comestible de los caracoles alojados en los recipientes plásticos superaron a los tanques de asbesto. Esto probablemente estuvo relacionado con la mayor disponibilidad de calcio que tuvieron los caracoles en los tanques de asbesto por la mayor mortalidad a los 93 días de edad y además por la cantidad de calcio ofrecida de manera conjunta a las cinco repeticiones en cada tanque, de manera que los caracoles aprovecharon más el calcio disponible para el crecimiento de la concha. Según Herrera y Sánchez Castaneda (1996), el carbonato de calcio (material orgánico) constituye el 33% del peso seco de la concha. En cuanto al rendimiento de material

comestible, el mayor valor correspondió al T4 con 59.81%, pero éste fue inferior a los rendimientos obtenidos por Iriarte Rodríguez *et al.* (2007), quien obtuvo porcentajes de rendimientos de material comestible de 77.42% para el tratamiento con alimento balanceado para tilapia, 70.63% con alimento balanceado para pollo y de 61.97% para la alimentación con hojas de chaya. En los tanques de asbesto la sobrevivencia fue inferior, y esto posiblemente se debió a la mayor dificultad de limpieza por ser más grandes y pesados en comparación con los recipientes plásticos, también por los cambios de temperatura a los 93 días, ya que la temperatura ambiental bajó 5.2°C con respecto a la del día anterior, debido a la intensidad y constancia de lluvias. La temperatura promedio del agua entre los tanques y los recipientes plásticos bajo 1.2°C con relación al día anterior. De los 107 días en adelante hubo mejoría en la sobrevivencia, esto pudo deberse a diferentes factores como el desarrollo del sistema inmunológico, ya que según Dikkeboom, *et al.* (1985), la madurez inmunológica de algunas especies de caracol, como *Lymnaea stagnalis*, puede contribuir a su mayor susceptibilidad a parásitos y bacterias. Por otro lado Iriarte Rodríguez *et al.* (2007), determinó que la mortalidad puede estar relacionada con factores ambientales (variables fisico-químicas), nutricionales (calidad y cantidad del alimento) y sobre todo aquellos inherentes al cultivo y al cultivador (manejo, tasa de cambio de agua y alimentación).



La relación entre el tamaño y el peso de los caracoles *P. flagellata* Say de la presente investigación coincidió con los resultados de García Ulloa (2006), quien realizó una investigación en México sobre el caracol *Pomacea patula*, en la que reportó un coeficiente de correlación de 0.94 ($r^2= 0.88$), y así demostró que existe una alta correlación entre la talla y peso de los caracoles estudiados.

En el presupuesto parcial, no hubo ganancia económica en ninguno de los tratamientos, debido a que la inversión de los tanques y recipientes plásticos es elevada y los ingresos que se obtuvieron en un ciclo productivo fueron relativamente bajos.

Con respecto a los parámetros físico-químicos, la temperatura promedio del agua fue baja en comparación con datos de Ozaeta (2002). Asimismo la iluminación fue deficiente para todos los tratamientos en los días de lluvias constantes. Los valores de oxígeno, pH y carbonato de calcio disuelto en el agua fueron convenientes para el cultivo de caracoles, ya que según Rojas (1988), citado por Ozaeta (2002), el nivel de oxígeno normal en el agua va de 1 a 4 mg/l.; el pH de 6 a 9; y la concentración de carbonato disuelto en el agua debe estar entre 80 y 130 mg/l, para una buena formación de la concha. La dureza total (mg CaCO₃/l) que se obtuvo fue mayor al compararla con Ozaeta (2002). Esto se debió a que el carbonato de calcio se acumuló, cada vez que se aplicaba, aunque se realizaban cambios de agua cada quince días, pero no se eliminaba por completo todo el sedimento de carbonato.

La proteína obtenida del material comestible fue 51.50% en base seca, la cual fue inferior al 60.20%

reportado por Villalta Martínez (1989), citado por Jiménez Pérez y Santamaría (2008). También Lobo Vargas (1986), reportó un valor alto en proteína (59.00%) y bajo en grasa (3.67%). Las diferencias podrían estar relacionadas con la fuente de alimento. Todos estos datos comprobaron consistentemente que el material comestible de *P. flagellata* Say es un alimento nutritivo y saludable por el alto contenido proteico y por el bajo contenido de grasa.

La proteína de la planta acuática en base seca fue inferior al 26 % reportado por Garcés *et al.* en 2006, pero fue superior al 14.80% obtenido por la FAO (sf).

Las amibas de vida libre (*E. nana*) no causan ninguna enfermedad conocida para el ser humano en condiciones normales según Estrada (S.f), pero en todo caso es mejor hervir el material comestible para garantizar la salud de las personas que consuman esta especie de caracol. Por otro lado, los valores obtenidos en el análisis bacteriológico del agua fueron menores con respecto a los tanques piscícolas, aunque sobrepasa los establecidos por las normas de CONACYT para agua potable, ya que los límites máximos permisibles para la calidad microbiológica: coliformes totales y coliformes fecales es de < 1.1 NMP/100 ml. (Norma Salvadoreña Obligatoria, 2009). Esto se relacionó con el contenido de las excretas de los caracoles en el agua utilizada.

Conclusiones

En el rendimiento de material comestible proveniente del muestreo, hubo diferencia significativa, donde fue superior el tratamiento de los recipientes plásticos con densidad de siembra

de un caracol por seis litros de agua.

El porcentaje de sobrevivencia de los caracoles demostró que a medida crecían, había menos mortalidad, y el mejor porcentaje de sobrevivencia se logró en el tratamiento de los recipientes plásticos con la densidad de siembra de un caracol por tres litros de agua.

Se obtuvieron pérdidas en todos los tratamientos, debido a las bajas densidades evaluadas, más los altos costos de inversión de los alojamientos y transporte, por lo que no fue rentable en un ciclo productivo de seis meses.

Al realizar el análisis parasitológico de los caracoles *Pomacea flagellata* Say se observaron quistes de amibas de vida libre (*Endolimax nana*) en un 70% de los caracoles.

Según el análisis bromatológico realizado a los caracoles se obtuvo un porcentaje de proteína de 51.50 % y 5.60 % de grasa en base seca, lo que demostró que es un alimento nutritivo y saludable por el alto contenido proteico y por el bajo contenido de grasa.

El peso y tamaño de los caracoles durante el crecimiento fue similar estadísticamente para todos los tratamientos.

Recomendaciones

Debido a las pérdidas económicas, se sugiere evaluar la densidad de siembra de un caracol por un litro de agua para obtener mayores pesos de material comestible de los caracoles.

Se sugiere el uso de la ninfa acuática *Eichornia crassipes* combinado con las dosis de carbonato de calcio para la alimentación de los caracoles de agua dulce.

Realizar otros trabajos de investigación con otras fuentes de alimentación para los caracoles y con otros tipos de alojamientos que resulten más económicos para obtener mayores tallas comerciales en un periodo de evaluación menor.

Que CENDEPESCA promueva el consumo de la carne de caracol hervida, por el alto contenido proteico y bajo contenido en grasa.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Consejo de investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES).

Bibliografía

Brito Manzano, N; Rivera López, V; Fragoso-Pérez, R; Cruz Lázaro, E; Estrada Botello, M. s.f. Efecto de la Densidad en la Sobrevivencia de Juveniles del Caracol “tote” *Pomacea flagellata* bajo Condiciones de Laboratorio en Tabasco, México. (en línea). Consultado 6 abril 2011. Disponible en: http://procs.gcfi.org/pdf/gcfi_59-42.pdf

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México DF., México CIMMYT. P. 9-20.

Dikkeboom, R; Van Der Knaap, WPW; Meuleman, EA; Sminia, T. 1985. A comparative study on the internal defence system of juvenile and adult *Lymnaea stagnalis*. Laboratory of Medical Parasitology and Department of Histology, Faculty of Medicine, Free University, Amsterdam, The Netherlands. (en línea). Consultado 2 mayo 2012. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1453627/pdf/immunology00192-0172.pdf>

Erivaj, E. 2006. *Pomacea flagellata* (en línea). Consultado 14 abril 2011. Disponible en: <http://atlas.drpez.org/Pomacea-flagellata>

Estrada, C. s.f. Portal medico (en línea). Consultado 12 junio 2012. Disponible en: <http://my.opera.com/Dr.%20Carlos%20Sican/blog/show.dml/1726784>

FAO s.f. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación.

(sf). (en línea). Consultado 27 febrero 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S09.htm>

Garcés, K; Gutierrez; Kholman, B; Yeomans, J; Botero, R. 2006. Caracterización del sistema de descontaminación productivo de aguas servidas en la finca pecuaria integrada de la universidad earth: i. las plantas acuáticas. (en línea). Consultado 10 mayo 2012. Disponible en: http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/29_v2.2-05_GarcesGutierrezI.pdf

García Ulloa, M. 2006. Efecto en la depuración en la biomasa del caracol *Pomacea patula* (Baker, 1922) usando el índice de condición. Colima, Mexico. (en línea). Consultado 12 mayo 2012. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/837/83710306.pdf>

Herrera, PE; Sánchez Castañeda, R. 1996. Crecimiento del caracol de agua dulce (*Pomacea* sp.) bajo diferentes niveles de Carbonato de Calcio en el agua. (en línea). Consultado 28 mayo 2011. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/52730918/Crecimiento-del-Caracol-de-agua-dulce-Pomacea-sp-bajo-diferentes-niveles-de-Carbonato-de-Calcio-en-el-agua>

International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Auburn University. s.f. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. (en línea). Consultado 25 junio. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/aquacultureties/publications/spanish%20whap/gt4%20eliminar.pdf>



- Iriarte Rodríguez, FV; Mendoza Carranza, M. 2007. Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. Departamento de Aprovechamiento y Manejo de Recursos Acuáticos (DAMRA). Revista AquaTIC. N 27: 16-30. (en línea). Consultado 25 noviembre 2011. Disponible en: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/27_03.pdf
- Jiménez Pérez, NF; Santamaría, JA. 2008. Ensayo evaluativo de tres tipos de alimento vegetal en la dieta alimenticia del caracol de agua dulce *Pomacea* spp. El Salvador SV, Universidad de El Salvador, Facultad de Biología. 9 p.
- Lobo Vargas, X.M. 1986. Estudio de algunos aspectos de la biología del molusco *Pomacea flagellata*. Tesis. Lic. Biología. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. CR. 54p.
- Norma Salvadoreña Obligatoria. 2009. Agua, agua potable. (Segunda actualización). (en línea). Consultado 16 febrero 2012. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf
- Ozaeta, MA. 2002. Evaluación del efecto de tres niveles de alimentación con incaparina, y ninfa acuática (*Eichornia crassipes*) en el crecimiento y desarrollo del caracol (*pomacea* sp.), en condiciones controladas. Tesis Ing. Guatemala, GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. 68 p.
- Puentes, AR; Morales, PC. 2000. Manejo y cría de tres especies de caracol dulceacuícolas “churo” amazónico a nivel familiar (*Pomacea* spp. y *Ampularia* sp). Centro tecnológico de recursos amazónicos centro Fátima. Puyo pastaza, Ec. 18 p.
- Viladeval, P.I. 1983. El caracol. Cría y Producción. Barcelona España. AEDOS. p. 147