

El Colegio de la Frontera Sur

Validación del cultivo semintensivo de caracol “Tote” (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo.

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Fernando Víctor Iriarte Rodríguez

2006

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO -----	2
ÍNDICE -----	3
RESUMEN -----	4
INTRODUCCIÓN -----	5
MATERIALES Y MÉTODOS -----	5
Área de Estudio y Diseño experimental -----	5
Análisis de datos -----	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	7
Parámetros Fisicoquímicos -----	7
Crecimiento de los organismos -----	8
Análisis Costo-Beneficio -----	15
CONCLUSIÓN -----	17
LITERATURA CITADA -----	18

RESUMEN

Se muestran los resultados de la validación del cultivo semi – intensivo de caracol *Pomacea flagellata* en tres sistemas de alimentación: alimento balanceado para tilapia (tratamiento A), alimento balanceado para pollo (tratamiento B) y hojas de chaya (*Nidosculos chayamansa*) (tratamiento C). El sistema de cultivo incluyó 30 unidades de cultivo (10 por tratamiento) de 200 L, colocadas al aire libre. La densidad de siembra fue de 1 organismo/L, realizando recambios diarios del 10 al 20% del volumen de agua. Se obtuvieron tallas comerciales de 4 cm. de altura columnelar en 11 semanas para el tratamiento A, 12 semanas para el tratamiento B y 16 para el tratamiento C; con incrementos diarios de biomasa de $0,095 \pm 0,011$ g para C, $0,173 \pm 0,024$ g para B y $0,187 \pm 0,027$ g para A, y rendimientos promedio por unidad de cultivo de $541,96 \pm 69,28$ g para A, $519,15 \pm 59,89$ para B y $401,58 \pm 44,71$ para C. El factor de conversión alimenticia (FCA) para A, fue $0,515 \pm 0,07$ mm/día, para B de $0,496 \pm 0,06$ mm/día y para C de $0,335 \pm 0,04$ mm/día. El análisis costo/beneficio de los tratamientos mostró ser viable para los tratamientos A y B en mayor medida que el tratamiento C, considerando los costos de infraestructura y de operación de los tres sistemas de alimentación, de acuerdo a los precios observados en cuatro mercados regionales. Los resultados indican que el cultivo semi-intensivo es factible en los tres sistemas ensayados.

PALABRAS CLAVE: semi-intensivo, costo-beneficio, modelo de cultivo, alimento vegetal, gasterópodo

INTRODUCCIÓN

El cultivo de moluscos acuáticos en Mesoamérica se ha realizado principalmente con algunas especies de bivalvos marinos y estuarinos de las familias Mytilidae, Ostreidae y Pectinidae (mejillones, ostiones y almejas, Rodríguez, 2004). En el caso de los gasterópodos solo algunas especies dulceacuícolas del género *Pomacea* nativas de Centro y Suramérica destacan por su importancia biomédica o alimenticia, siendo consideradas con potencial suficiente para el cultivo comercial (Hayes y Cowie, 2005; Penchaszadeh, 2005). *Pomacea lineata* es utilizada como control biológico de moluscos vectores de esquizomatosis y *Pomacea canaliculata* es consumido como alimento y empleado como remedio para trastornos estomacales en Perú (Watanabe y Kawano, 2005; Tello y Padilla, 2000).

En México, el uso y aprovechamiento de los caracoles dulceacuícolas del género *Pomacea* como alimento se centra principalmente en el tegogolo (*Pomacea. patula catemacensis*) y en el tote (*Pomacea flagellata*), organismos nativos cuya tradición de consumo se encuentra estrechamente ligada con las etnias Zoque, Popoluca, Nahua, Chontal y un gran sector de la población mestiza (CONANP, 2004; CDI, 2004). El caracol Tote, nativo de las aguas dulces tropicales de Mesoamérica se recolecta en cuerpos lagunares para consumo por las comunidades ribereñas del Sureste Mexicano. Por otra parte, la contaminación y desecación de los cuerpos de agua, así como la modificación y destrucción de su hábitat ha disminuido la abundancia de este recurso significativamente. Sus grandes ventajas adaptativas como son: los altos porcentajes de eclosión (83% en condiciones de laboratorio y 90% en el medio natural), desoves múltiples cada 30 días en condiciones naturales y de laboratorio, un desarrollo directo y un corto período de incubación, así como rápido crecimiento y capacidad para soportar un amplio rango de condiciones ambientales (Burky, 1974; Asiaín y Olguín, 1995; Granados, 1996; Carreón et.al., 2004), hacen de esta especie un candidato ideal para explotarlo racionalmente a través de la acuicultura.

Para que este potencial se traduzca en producciones tangibles y constantes de carne de caracol, deben establecerse modelos de cultivo que se adapten a las necesidades culturales, económicas y productivas locales. Por ello, el presente trabajo plantea el cultivo del caracol tote como una alternativa para la producción, consumo y comercialización a través de la acuicultura rural semi-intensiva. El objetivo de este trabajo fue validar un modelo de cultivo para el caracol tote con tres sistemas de alimentación de bajo costo: A) alimento para tilapia, B) alimento para pollo y C) hojas de chaya (*Nidosculos chayamansa*), realizando el análisis de su crecimiento en tiempo y el análisis costo-beneficio del cultivo, con la meta de proponer un modelo de producción de caracol adaptado a diferentes condiciones sociales y económicas de las regiones tropicales de América.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de cultivo y diseño experimental

El desarrollo del cultivo se llevó a cabo en las instalaciones del El Colegio de la Frontera Sur (17° 54'39''N, 93°02'11" S) con una temperatura ambiental promedio mínima anual de 19,5 °C y promedio máxima anual de 33 °C y una precipitación anual de 2600 – 3000 mm (INEGI, 2004). El área de cultivo fue de 80 m², delimitada con malla de alambre, en piso de tierra compacta y con 30 a 35% de sombra provista por árboles con una altura

promedio de 8 m, suministro constante de agua fresca de pozo artesiano, libre de cloro. Las Unidades de Cultivo (UC) fueron 30 tinas de plástico de forma cónica-cilíndrica (60 a 75 cm de diámetro y 75 cm de altura) con capacidad de 220 L. Se instaló una tapa de malla mosquitero para evitar la depredación por aves y la entrada de larvas y adultos de insectos predadores y/o competidores, así como la fuga de caracoles.

Los alimentos para cada sistema de alimentación (SA) fueron: alimento iniciador para tilapia con 32% de proteína (tratamiento A), alimento de engorda para pollo con 20% de proteína (tratamiento B) y hojas de chaya frescas (*Nidosculos chayamansa*) con 8,25% de proteína (tratamiento C) (Díaz-Bolio, 2004), ésta última complementada con carbonato de calcio comprimido agregado semanalmente al 10% de la biomasa total. La tasa de alimentación fue de 15% de la biomasa total para las primeras 5 semanas, 10% para la semana 6 a la 10, y de 7,5% de la semana 11 en adelante, ajustada de acuerdo con los datos de las biometrías semanales. Las crías de caracol se obtuvieron de progenitores colectados en campo en un cultivo bajo condiciones de temperatura y alimentación controladas. La densidad de siembra fue de 200 crías por UC (1 org/L = 1000 org/m³).

Las UC se distribuyeron en tres grupos de 10 unidades con dos filas de cinco unidades cada una, y un espacio de 1,5 m entre grupos, el cual sirvió como pasillo de servicio. La distribución de las réplicas de los tres SA, fue completamente al azar, correspondiendo 10 UC por cada sistema de alimentación. El volumen de agua en cada recipiente fue de 200 L (aproximadamente 90 % de la capacidad total), el cual se mantuvo constante mediante un desagüe de control en la pared del recipiente. La tasa de recambio diario para eliminar heces y alimento no consumido, así como los organismos muertos; fluctuó entre el 10% del volumen total de agua de cada UC (20 L), para las primeras 5 semanas y hasta un 20% (40 L) durante las últimas etapas del cultivo, debido al aumento de la cantidad de alimento suministrado.

Se registró diariamente la temperatura del agua y ambiental, pH, oxígeno disuelto y la conductividad de cada UC. Semanalmente se midió la altura columnelar con un vernier electrónico con aproximación de 0,01 mm, y peso con una balanza electrónica digital con aproximación de 0,01 g, de una muestra tomada al azar de 20 caracoles por UC. Además se registró el peso (g) del total de los organismos de cada UC con una balanza electrónica. Los operarios del cultivo así como los instrumentos de trabajo siguieron las Normas de Higiene para Cultivos Acuícolas (Figuroa, *et al* 1992).

Al finalizar el cultivo se realizó un conteo de los organismos para determinar la mortalidad en cada SA. Los datos de biomasa total fueron empleados para determinar el incremento en la tasa de alimentación, la tasa de crecimiento (TCD = crecimiento / tiempo) y el factor de conversión alimenticia (FCA = alimento consumido/ganancia en peso) de cada SA. La cosecha se llevó a cabo cuando en el 70% de las UC de cada sistema de alimentación al menos la mitad de los organismos alcanzaron la talla comercial (40mm de longitud columnelar, talla aproximada en la que inicia su actividad reproductiva, SAGARPA, 2006).

Análisis de datos

Para el oxígeno, conductividad, talla y peso iniciales se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una sola vía previo análisis de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Levene). Los valores de amonio, temperatura y pH no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que

se les analizó mediante una prueba de U de Mann-Whitney. Dado que durante las biometrías no fue observada normalidad (Kolmogorov-Smirnov), ni homogeneidad de varianzas (Levene), las comparaciones de los datos de crecimiento en longitud y peso de los tres SA durante cada biometría semanal se hicieron a través de la prueba H de Kruskal Wallis (KW) seguida por la prueba de U de Mann-Whitney (MW) (Sokal y Rohlf, 1981; Zar, 1984). Para comparar los datos finales de talla, peso, FCA, biomasa producida, peso de la concha, vísceras y músculo de los tres SA; también fue empleada la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney ya que los datos no mostraron normalidad (Kolmogorov-Smirnov) ni homogeneidad de varianza (Levene).

Una vez que los caracoles fueron cosechados, se registró el peso fresco (g) total producido en cada UC. Posteriormente los caracoles se sacrificaron mediante inmersión en agua caliente (80 °C, durante 15 minutos) se separó el músculo, vísceras y concha, para estimar la proporción músculo-concha y músculo-vísceras. Para llevar a cabo el Análisis Costo/Beneficio para cada SA, se dividieron los gastos totales generados por el cultivo entre el precio de venta del músculo (SLC, 2000). Este análisis consideró los costos de infraestructura y de operación de los tres sistemas de cultivo. En los primeros se incluyen los referentes a los gastos de adquisición e instalación de las Unidades de Cultivo (UC), protección de las mismas y del área de cultivo y materiales y equipos para el manejo y operación del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Fisicoquímicos

El nivel de amonio en el tratamiento A fue significativamente mayor (0.61 mg/L) ($MW_{AB}= 4470$; $MW_{AC}= 5225$ $p<0,05$, respectivamente) al de los tratamientos B y C, entre estos últimos no hubo diferencias significativas ($MW_{BC}=7864$ $p=0,95$; Tabla 1). Esta diferencia probablemente fue debida al mayor contenido de proteína (32%) del primero, que el de los otros dos tratamientos (20% y 8,5% de proteína), respectivamente. En todos los SA los niveles de amonio sobrepasaron los niveles de referencia (Padilla *et al.*, 2000). No hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para los valores de oxígeno ($F= 4,3$ $p> 0,05$), sin embargo el tratamiento C presenta valores con una tendencia mayor lo cual puede deberse a que en el caso de los tratamientos A y B, ambos alimentos presentan un porcentaje de alimento pulverizado, que al contacto con el agua se dispersan alterando la calidad del agua, sobre todo al incrementarse la tasa de alimentación (Boyd, 1998), lo que puede traducirse en un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno. El tratamiento A no presentó diferencias significativas en los valores de pH, con respecto a los tratamientos B y C ($MW_{AB}= 367063,5$; $MW_A=505714,0$ $p>0,05$) sin embargo si hubo diferencia significativa entre estos últimos ($MW_{BC}= 524435,5$ $p <0,05$). La temperatura del agua no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos B y C ($MW_{BC}=560360$ $p>0,05$) pero fue menor en el tratamiento A ($MW_{AB}=355905,5$; $MW_{AC}=498847,5$ $p<0,05$). La conductividad no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos ($F= 2,08$ $p> 0,05$). En general los valores de las variables fisicoquímicas del agua de cultivo se encontraron dentro los valores de referencia que se reportan para los cultivos, Alcántara y Nakagawa, 1996; Santos, 1999; Padilla *et al.*, 2000; Ruiz, 2002.

Tabla 1. Valores de referencia y registro de los parámetros fisicoquímicos en el cultivo de caracol tote *Pomacea flagellata* para los tres tratamientos (promedios \pm desviación estandar).

Parámetro	Unidades	Valores de referencia	Fuente de agua	Tratamiento		
				A	B	C
pH		4,5 - 8	7,3 \pm 0,6	6,99 \pm 0,69 ^{ab}	6,94 \pm 0,74 ^a	7,02 \pm 0,66 ^b
Temperatura	°C	25 -31	29, 25 \pm 0,75	27, 48 \pm 1,99 ^b	27,73 \pm 2,17 ^a	27, 82 \pm 1,98 ^a
Oxigeno	mg/l	2,2 – 4,4*	5,09 \pm 0,59	1,27 \pm 1,74 ^a	1,34 \pm 1,59 ^a	1,75 \pm 0,74 ^a
Amonio	mg/l	0,01	0,00	0,611 \pm 0,685 ^b	0,270 \pm 0,301 ^a	0,357 \pm 0,398 ^a
Conductividad	μ S/cm	0,10 – 0,45	0,79 \pm 0,04	0,404 \pm 0,214 ^a	0,403 \pm 0,204 ^a	0,409 \pm 0,165 ^a

* En condiciones naturales (Padilla *et al.*, 2000). ^{a, b} Filas de valores con la misma literal no son diferentes ($p < 0,05$) ANOVA de una sola vía.

CRECIMIENTO DE LOS ORGANISMOS

El análisis de varianzas de la longitud y peso inicial no mostraron diferencias significativas ($F = 2,2$; $F = 1,65$ $p > 0,05$ respectivamente), lo que permite asumir que el método de selección de las crías y su distribución fue adecuado para la evaluación del crecimiento en el cultivo de los SA (Tabla 2).

El tratamiento A permitió que el 50% de los organismos alcanzaran la talla comercial (40 mm) en 12 semanas, seguido por el tratamiento B con 13 semanas y por ultimo el tratamiento C con 18 semanas. Estos datos resultaron mejores con respecto al tiempo que las 30,5 semanas reportadas por Alcántara y Nakagawa (1996) para alcanzar la talla comercial (68,4 mm) en el cultivo de *Pomacea maculata* alimentados con plantas acuáticas, También son inferiores a las 24,5 semanas requeridas para *Pomacea patula catemacensis* en alcanzar 45 mm, alimentados con la cianobacteria *Calothrix* sp., (Ruiz, 2002), y las 28 semanas alimentados con lechuga, alfalfa y apio en fresco (Santos, 1999).

Dado que los alimentos A y B son alimentos secos (10% humedad en promedio) y el tratamiento C es un alimento fresco (79% de humedad) para compararlos sobre la base de materia seca se utilizó la formula propuesta por NICOVITA, (1997): $FCA_{COMP} = FCA_{AH} (100 - HUMEDAD_{AH}) / 100 - HUMEDAD_{AS}$ Donde: FCA_{COMP} = Factor de conversión comparada, FAC_{AH} = Factor de conversión del alimento húmedo, $HUMEDAD_{AH}$ = Humedad de alimento húmedo y $HUMEDAD_{AS}$ = Humedad del alimento seco (Tabla 2).

El FCA_{COMP} para el alimento del tratamiento C en base seca fue de 1,35:1, lo que sugiere que la hoja de chaya podría ser tan buen alimento como el alimento del tratamiento A y mejor que el alimento del tratamiento B. Esto contrasta con lo dicho por Mendoza *et al.* (2002), quien menciona que al probar cinco dietas (una con proteína animal, otra con proteína vegetal y tres combinadas en diferente proporción, todas en base seca) encontró un menor desempeño al utilizar exclusivamente fuentes de proteína animales y vegetales, que dietas combinadas

(que es el caso de los tratamientos A y B cuyos alimentos incluyen en su formulación ambas fuentes) Hecho notable ya que *Pomacea brigdesi* posee una enorme capacidad para digerir la proteína vegetal, confirmando la naturaleza básicamente herbívora del género *Pomacea* (Rangel-Ruiz, 1988, Martínez, 1989, Ontiveros, 1989, Burgos, 2003).

Tabla 2: Condiciones iniciales y resultados del semi-cultivo de tote (*Pomacea flagellata*) en tres sistemas de alimentación por unidad de cultivo.

VARIABLE	TRATAMIENTO		
	A	B	C
Volúmen de cultivo (L)	200	200	200
Tasa de siembra (org/L)	1	1	1
Número de crías sembradas	200	200	200
Longitud promedio de siembra (mm)*	6,61±0,09 ^a	6,46±0,07 ^a	6,72±0,08 ^a
Peso promedio de siembra (g)*	0,09±0,015 ^a	0,09±0,020 ^a	0,09±0,020 ^a
Periodo de cultivo (días)	84	91	126
FCA	1.3	2.8	5.8 (1.35 ^{***})
Número de organismos cosechados ^{**}	90,6±15,44 ^a	94,5±12,96 ^a	124,5±15,19 ^b
Tasa de mortalidad (%) ^{**}	54,7±7,72 ^a	52,75±6,48 ^a	37,9±7,59 ^b
Longitud promedio de cosecha (mm) ^{**}	45,30±5,56 ^a	44,62±5,46 ^a	42,29±4,87 ^b
Peso promedio de cosecha (g) ^{**}	21,34±7,11 ^a	20,24±6,77 ^a	14,41±3,80 ^b
Biomasa promedio cosechada (g)*	1 425,54±211,77 ^a	1 493,91±214,25 ^a	1 494,86± 175,06 ^a
Producción promedio de vísceras (g) ^{**}	9,93±3,12 ^b	6,56±2,57 ^a	4,83±1,65 ^a
Producción promedio de concha (g)*	6,16±1,96 ^a	6,49±1,82 ^a	6,80±1,68 ^a
Producción promedio de músculo (g) ^{**}	11,19±2,49 ^a	9,05±2,89 ^a	6,25±1,91 ^b
Rendimiento (g) ^{**}	541,96±69,28 ^a	519,15±59,89 ^a	401,58±44,71 ^b

* ANOVA de una sola vía ($p < 0,05$), ** M-W ANOVA ($p > 0,05$) ***en base seca. a, b Literales iguales en la misma fila no son diferentes ($p > 0,05$)

Los altos valores de FCA indican crecimientos lentos o sub-alimentación; mientras que FCA bajos, significan que se está haciendo buen uso del alimento (NICOVITA, 1997). Los valores de FCA del tratamiento A y de FCA_{COMP} del tratamiento C, son comparables con aquellos cultivos de camarón (1,2:1), y de la tilapia (1,8:1) y pueden considerarse dentro de los rangos productivos aceptables. Cabe mencionar que durante el cultivo y para los tres SA siempre existió un porcentaje variable y no cuantificado, de alimento no consumido, lo que permite pensar que los valores de FCA pueden ser menores si se ajusta la tasa de alimentación a porcentajes mas bajos que los aquí utilizados.

Las mayores mortalidades se registraron para los tratamientos A y B (54,7±7,72 y 52,75±6,48 % respectivamente) sin mostrar diferencia significativa entre ellos (MW_{AB}= 45,5; $p = 0.7$). La menor mortalidad se

registró en el tratamiento C, este último mostró diferencias significativas con los otros dos tratamientos ($MW_{AC} = 3,0$; $MW_{BC} = 7,5$; $p > 0,05$; Tabla 2). Salvo las referencias de bioensayos y cultivos piloto, no existen datos específicos que indiquen cuales son las concentraciones letales de metabolitos en el cultivo de caracoles *Pomacea*. Esto se debe a que se considera a estos organismos tolerantes naturales a condiciones ambientales adversas o bien por que los patrones de crecimiento y reproducción no están supeditados claramente a los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua, como es, lo que los datos presuponen (Santos, 1999). Por otro lado, la mortalidad en los SA puede estar sujeta a la suma de factores ambientales (variables fisicoquímicas), nutricionales (calidad y cantidad del alimento) y sobre todo aquellos inherentes al cultivo y al cultivador (manejo, tasa de recambio y alimentación). Esto último podría explicar el aumento generalizado de la mortalidad en los SA, ya que las biometrías (específicamente el peso producido por semana) involucraban a todos los organismos de cada UC, sobre todo en la fase de cría. La concha en organismos en cultivo tiende a ser mas frágil que los organismos salvajes, dificultando las labores de limpieza y manejo de los sistemas de cultivo y en ocasiones impidiendo o dificultando las biometrías periódicas para ajuste de las tasas de alimentación (Martínez, 1989; Benavides 1994; Alcántara y Nakagawa, 1996; Aguilera, 1996; Eufracio, 1999, Ruiz, 2002).

El tratamiento C tuvo una menor talla promedio de cosecha ($MW_{AC} = 13033$; $MW_{BC} = 14410$, $p < 0,05$) y peso ($MW_{AC} = 7816,5$; $MW_{BC} = 8853,5$ $p < 0,05$) que los tratamientos A y B ($MW_{AB} = 18932$ $p = 0,16$; $MW_{AB} = 18136$ $p = 0,10$ para talla y peso respectivamente) entre los que no hubo diferencia. La tasa de crecimiento diario (TCD) de los tres tratamientos está por encima de la mayoría de los reportes en diversos cultivos de caracoles *Pomacea* (Tabla 3).

Tabla 3: Comparación de la Tasa de Crecimiento Diario (TCD) entre diversos reportes y los tratamientos A, B y C

Autor/ Referencia	TCD (mm/día)	Tiempo de cultivo (días)	Alimento
Mayta, 1978	0,130	360	Lechuga, rábano, y plátano
Lum-Kong, 1989	0,450	*	
Ontiveros, 1989	0,176	180	Alimento balanceado y <i>Pistia</i>
Mendoza <i>et al.</i> 1999	0,470	*	Dieta artificial
Santos, 1999	0,214	210	Lechuga y alimento para tilapia
Mendoza, <i>et al.</i> 2002	0,536	*	Alimentos balanceados
Tratamiento A	0,515±0,07	84	Alimento para tilapia
Tratamiento B	0,496±0,06	91	Alimento para pollo
Tratamiento C	0,335±0,04	126	Chaya (<i>Nidosculos chayamansa</i>)

* No reportado.

El análisis de los datos de crecimiento mediante la prueba de H de KW encontró que había diferencias significativas en el incremento en talla y peso por semana como se muestra en la tabla 4, posteriormente se aplicó una prueba de U de Mann-Whitney; para los valores de talla (Tabla 5) y para peso (Tabla 6).

Tabla 4: Comparación de los valores de crecimiento en talla y peso con la prueba de H de Kruskal-Wallis, hasta la semana 12 de cultivo.

	KW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	***12
TALLA	H	1,39	5,91	1,20	27,10	10,77	12,46	69,27	151,04	162,82	70,63	78,23	116,48
	p	*0,49	*0,05	*0,53	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00
PESO	H	0,74	3,13	3,09	29,96	13,92	16,08	77,83	159,50	163,20	67,45	81,53	123,17
	P	*0,68	*0,20	*0,21	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00

* * no existen diferencias , ** si existen diferencias, *** solo se comparan los tratamientos B y C

Para el crecimiento en talla no hubo diferencias significativas entre los tratamientos durante la primera semana, dado que las tallas iniciales fueron uniformes. En la segunda semana el tratamiento A tuvo un crecimiento mayor y mostró diferencia significativa con respecto a los tratamientos B y C los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos. La tercera semana no mostró diferencias significativas entre tratamientos. En la cuarta semana el tratamiento C muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos A y B que mostraron mayor crecimiento. El crecimiento en la quinta semana solo mostró diferencias significativas entre los tratamientos A y C y es a partir de la sexta y hasta la undécima semana; en la que se cosecharon los organismos del tratamiento A, cuando se definió una diferencia significativa permanente para los tratamientos A y B que presentaron un crecimiento en talla, mayor que el alcanzado por el tratamiento C. (Fig.1)

Tabla 5: Comparación de los valores de crecimiento en talla con la prueba de U de Mann-Whitney, hasta la semana 12 de cultivo.

	MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	***12
AB	U	19271,5	17663,0	18728,5	18886,5	18263,0	19704,5	18762,0	18445,5	18468,5	19832,0	19705,5	
	p	*0,52	**0,04	*0,27	*0,33	*0,13	*0,79	*0,28	*0,17	*0,18	*0,88	*0,79	
AC	U	18617,5	17473,0	19063,5	14349,5	16126,5	17068,5	11126,5	7553,0	6300,0	11117,0	10516,5	
	p	*0,23	**0,02	*0,41	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	
BC	U	19409,0	19935,0	19836,0	15386,5	18101,0	15934,5	7553,0	7928,5	8328,0	12077,0	11783,0	7522,0
	p	*0,60	*0,05	*0,88	**0,00	*0,10	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00

* no existen diferencias , ** si existen diferencias, *** solo se comparan los tratamientos B y C

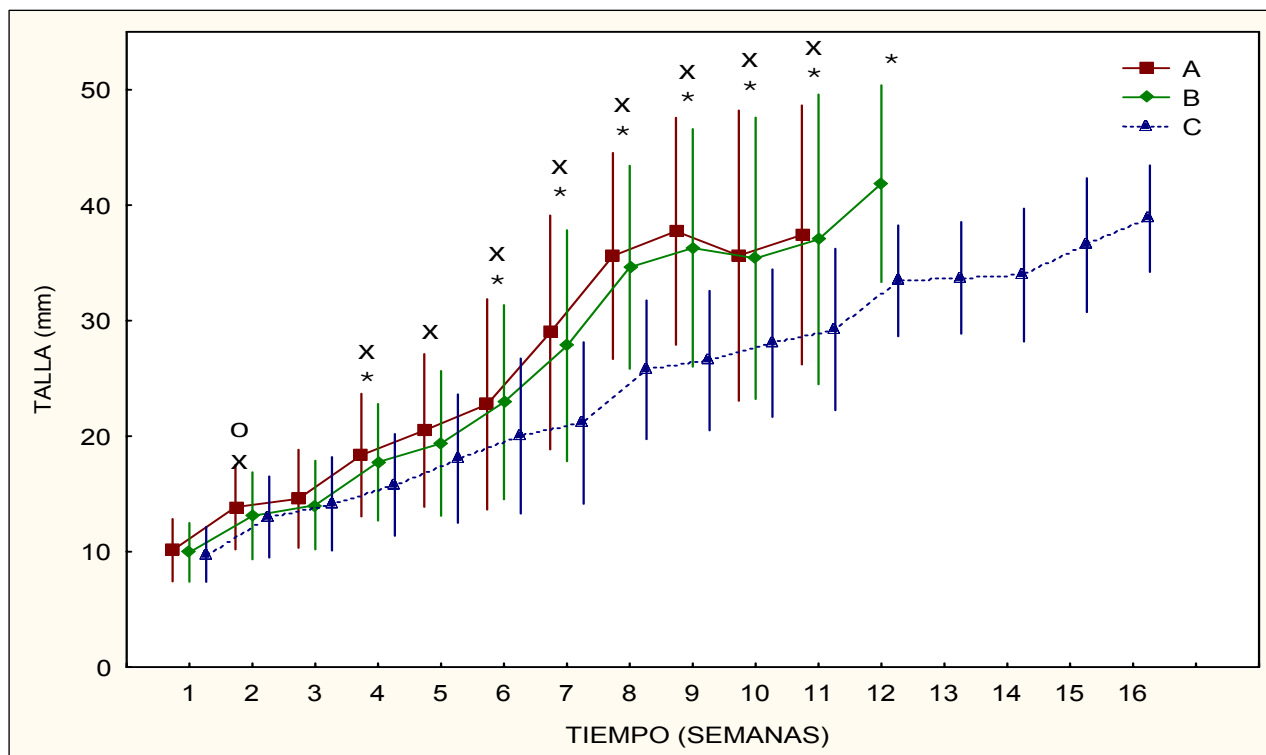


Figura 1: Análisis de la tallas (promedio±desviación estándar) de los caracoles en cada SA, por biometría. Sólo se analiza hasta la cosecha del segundo tratamiento (semana 12). A≠B (o), A≠C (x), B≠C (*) presentan diferencia significativa ($p<0,05$) Mann-Whitney.

Las curvas de crecimiento en peso se muestran en la figura 2, en la primera, segunda y tercera semana no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. De la cuarta semana hasta la undécima semana en la que cosechan los organismos del tratamiento A, los valores de peso del tratamiento C fueron menores y muestran diferencias significativas con respecto a los tratamientos A y B cuyos valores fueron mayores (Tabla 6).

Tabla 6: Comparación de los valores de crecimiento en peso con la prueba de U de Mann-Whitney, hasta la semana 12 de cultivo.

MW		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AB	U	19490,5	18259,5	18273,5	18235,5	18190,0	19512,5	18440,0	18225,5	18572,0	19931,0	19572,0	
	p	*0,65	*0,13	*0,13	*0,12	*0,11	*0,67	*0,17	*0,12	*0,28	*0,95	*0,71	
AC	U	18893,0	18204,5	18217,5	13925,0	15606,0	16643,5	10533,0	7265,0	6342,5	11400,0	10374,0	
	p	*0,33	*0,12	*0,12	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	
BC	U	19789,5	19978,0	19816,0	15537,0	17691,5	15430,5	12009,5	7562,0	8210,5	12615,0	11552,5	7169,0
	p	*0,85	*0,98	*0,87	**0,00	**0,04	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00	**0,00

* no existen diferencias , ** si existen diferencias

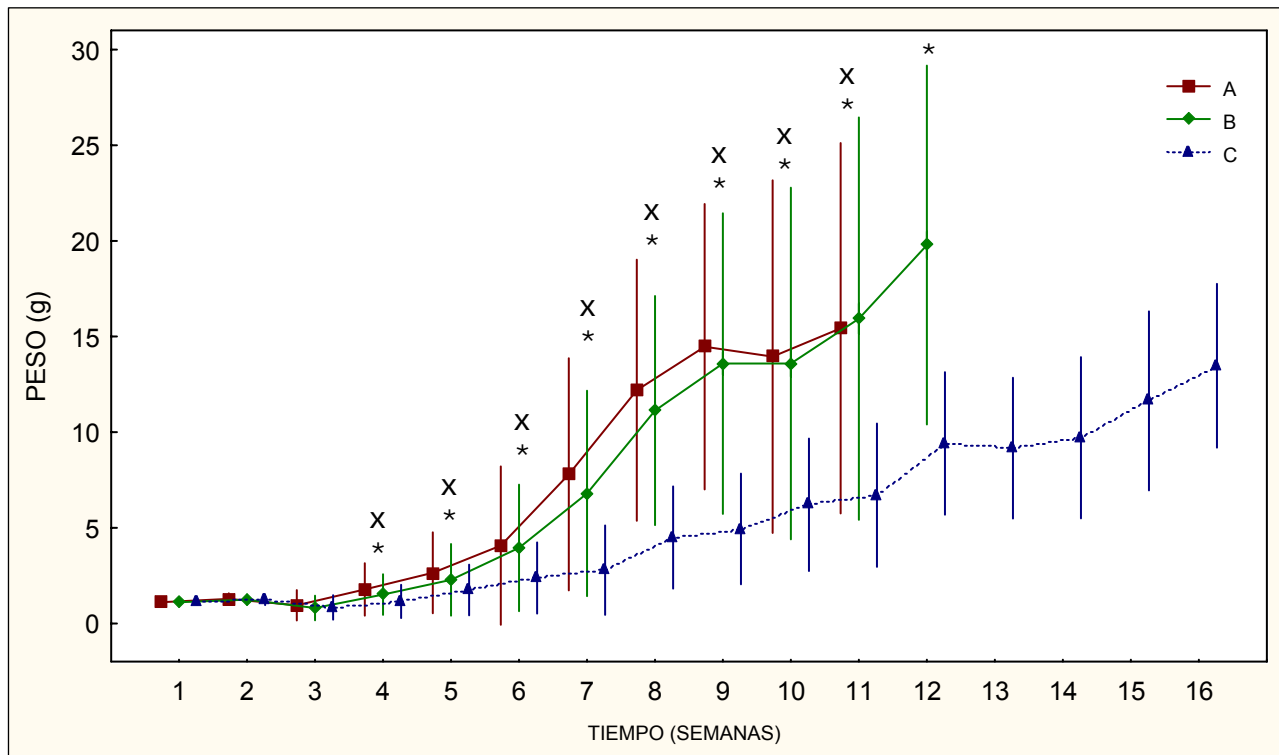


Figura 2: Análisis de los pesos (promedio \pm desviación estándar) de los caracoles en cada SA por biometría. Sólo se analiza hasta la cosecha del segundo tratamiento (semana 12). A \neq C (x), B \neq C (*) presentan diferencia significativa ($p < 0,05$) Mann-Whitney.

Se realizó una última comparación para la semana doce entre los tratamientos B y C, encontrándose que eran significativamente diferentes en talla y peso. Las longitudes y pesos hasta la semana once, mostraron que los tratamientos A y B fueron similares en ambos valores; siendo menores los valores del tratamiento C), superando en todos los casos la talla mínima de cosecha propuesta de 40 mm. (Figura 3).

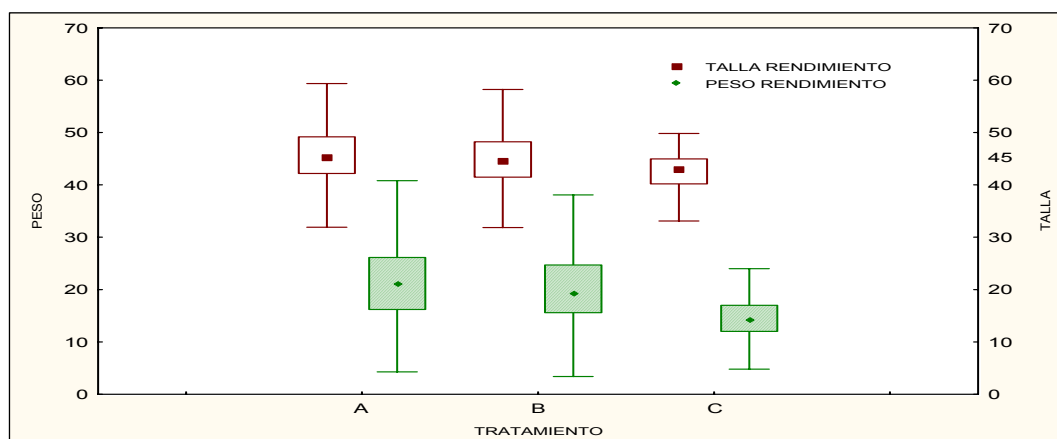


Figura 3: Promedio \pm desviación estándar de la talla (mm) y peso (g) de los organismos cosechados en los tres SA.

La biomasa promedio cosechada por UC fue de $1\,425,54 \pm 211,77\text{g}$ para el tratamiento A, $1\,493,91 \pm 214,25\text{g}$ para el tratamiento B fue de $1\,494,86 \pm 175,06\text{g}$ para el tratamiento C y no hubo diferencias significativas entre tratamientos (MW $p>0,05$). Estos resultados se dan en función de la alta mortalidad del tratamiento A pese al mayor peso promedio de cosecha, en contraste con la baja mortalidad y bajo peso promedio de cosecha del tratamiento C. Esto indica en términos productivos que si se deseara comercializar el caracol entero, las ganancias serian iguales para cualquiera de los tres tratamientos. Estos datos duplican los rendimientos de 550g/m^2 logrados por Alcántara y Nakagawa (1996) en estanques de 60m^2 y son similares a los 14500g/m^3 reportado por Padilla, *et al.* (2000) para cultivo en jaulas en estanques de 2500m^2 en un tiempo equivalente. Las ganancias diarias de biomasa por UC fueron de $16,97 \pm 2,52\text{g/día}$ para el tratamiento A; $16,41 \pm 2,35\text{g/día}$ para el tratamiento B y de $11,86 \pm 1,38\text{g/día}$ para el tratamiento C.

Los valores de producción de vísceras fueron iguales entre los valores de B y C (MW $B-C=32$; $p=0,17$) y el tratamiento A resultó ser significativamente diferente (MW $A-B=20$; MW $A-C=8,5$ $p<0,05$ Tabla 2). La alta producción de vísceras en el tratamiento A puede deberse al alto contenido de grasa que posee el alimento de tilapia (5%) en comparación con el alimento de pollo (1%) y la chaya (1,93%). (Díaz-Bolio, 2004). Para los valores de producción de concha no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (MW $p>0,05$), lo cual permite suponer que los alimentos suministrados satisficieron los requerimientos de calcio de los organismos. Los valores de producción de músculo por UC, oscilaron entre 401 y 541 g (Tabla 2). Los tratamientos A y B no fueron significativamente diferentes (MW $A-B=29,5$ $p=0,12$), pero sí significativamente mayores que los valores del tratamiento C (MW $A-C=7,5$; MW $B-C=23$ $p<0,05$). Como se muestra en la tabla 7, la mayor producción de músculo se logra en el tratamiento A seguido por el tratamiento B y por último el tratamiento C; (Tabla 2). Sin embargo desde el punto de vista productivo la mejor relación vísceras-concha-músculo se logra en el tratamiento B, ya que se produce mas músculo en proporción a los porcentajes de vísceras y concha que los otros tratamientos A y C. B produce alrededor de 7% menos de vísceras que el tratamiento A, 8,5% menos concha que el tratamiento C y solo 1% menos músculo que el tratamiento A y mas de 5% mas que el tratamiento C.

Para valorar el rendimiento total se consideraron las 10 UC (1m^3) de cada SA; de tal manera que para el SA con alimento para tilapia fue de $5,419\text{Kg/m}^3$, por ciclo de 84 días, para el SA con alimento para pollo fue de $5,191\text{Kg/m}^3$ por ciclo de 91 días y para SA con chaya fue de $4,015\text{Kg/m}^3$, por ciclo de 126 días.

Tabla 7. Proporción de vísceras, concha y músculo para cada tratamiento, (promedios \pm desviación estandar).

TRATAMIENTO	VÍSCERAS (%)	CONCHA (%)	MÚSCULO (%)
A	$36,40 \pm 11,43$	$22,58 \pm 7,18$	$41,02 \pm 9,12$
B	$29,54 \pm 11,57$	$29,22 \pm 8,19$	$40,74 \pm 13,01$
C	$27,01 \pm 9,22$	$38,03 \pm 9,39$	$34,96 \pm 10,68$

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En el análisis costo-beneficio se consideraron: costos de infraestructura y costos de operación de los tres SA. En los primeros se incluyen los referentes a los gastos de adquisición e instalación de las Unidades de Cultivo (UC), protección de las mismas y del área de cultivo y materiales y equipos para el manejo y operación del cultivo. El costo total de cada UC en este rubro fue de \$ 255,5 pesos mexicanos equivalente a € 17,32 euros (tasa de cambio de \$ 14,75 pesos por euro, Tabla 8).

Los costos de operación incluyeron los gastos generados por los trabajos de mantenimiento y limpieza de los sistemas de cultivo, así como los costos del alimento. Para los gastos de mantenimiento se tabuló el precio de la jornada laboral de 8 horas en \$ 50 pesos (€ 3,39), y se estimó un tiempo promedio diario requerido para la limpieza y mantenimiento para cada UC en 4 minutos (40 minutos por SA) por lo que el costo por limpieza y mantenimiento diario para cada UC fue de \$ 0,416 (€ 0,028), y para el tratamiento A durante todo el cultivo de \$ 350 (€ 23,73) , para el tratamiento B de \$ 378,56 (€ 25,66) y de \$ 524,16 (€ 35,54) para el tratamiento C.

El costo del alimento del tratamiento A (alimento para tilapia) fue de \$ 8,95 (€ 0,61) por kilogramo, y se requirieron 7,28 Kg con un costo total de \$ 65,15 (€ 4,44). El costo del kilogramo de alimento para el tratamiento B (alimento para pollo) fue de \$ 3,5 (€ 0,24) y se utilizaron 14,8 Kg con un costo total de \$ 51,8 (€ 3,55). En el caso del tratamiento C (chaya), el costo por kilogramo de la planta (hojas) fue de \$ 2,5 (€ 0,17) (costo de recolección por Kg), y se requirieron 23,33 Kg con un costo total de \$ 58,32 (€ 3,97). Los costos de infraestructura y operación por UC, fueron de \$ 297,01 (€ 20,01) para el tratamiento A, de \$ 298,53 (€ 20,2) para el tratamiento B y para el tratamiento C de \$ 313,74 (€ 21,2). Es importante hacer notar que el costo de los alimentos de los tratamientos A y C en función de la biomasa obtenida es mayor que el costo del alimento del tratamiento B que tiene un FCA mayor. Los costos totales para cada SA se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Costos de operación para cada Sistema de Alimentación en pesos mexicanos y euros.

COSTOS	Costo por Sistema de Alimentación (10 UC)					
	A		B		C	
	84 días de cultivo		91 días de cultivo		126 días de cultivo	
	\$	€	\$	€	\$	€
Infraestructura	2555,00	173,20	2555,0	173,20	2555,00	173,20
Operación	415,15	28,17	430,36	29,21	582,48	39,51
Total	2 970,15	201,37	2 985,36	202,41	3 137,48	212,71

El análisis de los mercados regionales realizado durante los meses de enero y febrero del año de 2006, mostraron que los precios de la pulpa de caracol de agua dulce del genero *Pomacea* al menudeo son

fluctuantes para las localidades de Las Choapas y Catemaco, (Veracruz), Escárcega, Campeche, y en Villahermosa, Tabasco. Para efecto de este análisis se consideran los precios por kilogramo de pulpa y los rendimientos totales de cada tratamiento (Tabla 9).

Tabla 9. Rendimiento económico de acuerdo al mercado de las producciones globales por Sistema de Alimentación en pesos mexicanos y euros.

RENDIMIENTO ECONÓMICO	Las Choapas		Catemaco		Escárcega		Villahermosa	
	\$ 150/kg		\$130/kg		\$ 80/kg		\$ 70/kg	
	\$	€	\$	€	\$	€	\$	€
Tratamiento A	812,94	62,53	704,54	54,20	433,56	33,35	379,33	29,18
Tratamiento B	778,72	59,90	674,89	51,92	415,32	31,95	363,37	27,95
Tratamiento C	602,25	46,32	521,95	40,15	321,20	24,70	281,05	21,62

La relación costo-beneficio para cada tratamiento se muestra en la tabla 10, donde se evalúa el rendimiento económico por kg de biomasa muscular producida en cada SA. El costo de producción por tratamiento es igual para cada mercado, y la relación beneficio-costos es igual en pesos y en euros, se consideran solo los costos de producción y no los de transporte. En este caso estamos contemplando sólo el costo-beneficio por un ciclo.

Tabla 10. Relación Costo-Beneficio de los tratamientos en los diferentes mercados

LOCALIDAD	TRATAMIENTO		
	A	B	C
LAS CHOAPAS	0,27	0,26	0,19
CATEMACO	0,24	0,23	0,17
ESCÁRCEGA	0,15	0,14	0,14
VILLAHERMOSA	0,13	0,12	0,09

A pesar de que es deseable que los beneficios sean mayores que los costos, no existe respuesta única de cual es la relación ideal de costo-beneficio (SLC, 2000). Los rendimientos por cada peso invertido es igual al costo beneficio y cuando este es mayor que cero como es el caso de los tres SA, se considera que el proyecto es económicamente viable. El tratamiento A, desde el punto de vista costo/beneficio fue el mejor seguido por el tratamiento B y C. Sin embargo si consideramos al tratamiento C como un cultivo orgánico desde la perspectiva de su alimentación, es posible que el tipo de mercado y de consumidores potenciales sea diferente y los precios sean mayores a los encontrados en los mercados regionales, lo que permitiría que su cultivo fuera más rentable, como lo ha sido para el camarón y ostión (NATURLAND, 2004; Villamar, 2004). Por otro lado existe la posibilidad de experimentar con dietas mixtas, que pudieran mejorar los rendimientos y abaratar el rubro de alimentación.

CONCLUSIÓN

Considerando los diferentes factores involucrados en el cultivo semi-intensivo de *Pomacea flagellata* podemos establecer que el tratamiento con alimento balanceado para tilapia (A), fue el mejor en función del tiempo de cultivo, el mejor FCA, de biomasa muscular producida, y las mejores relaciones costo beneficio para los diferentes mercados. Pese a todo, también presentó la mayor mortalidad y la calidad de agua más pobre, y el costo de alimento más elevado. En el caso del tratamiento con alimento balanceado para pollo (B), presentó datos ligeramente por debajo a los encontrados en el tratamiento A, en tiempo de cultivo, FAC y biomasa muscular producida, pero con menor mortalidad; mejor calidad del agua y el costo del alimento fue menor. El tratamiento con hojas de chaya (C), requirió de mayor tiempo de cultivo y la producción de biomasa muscular y las relaciones de costo beneficio fueron menores. Sin embargo, su FCA en base seca fue similar al tratamiento A y con la menor mortalidad, la mejor calidad del agua y el costo del alimento más bajo de los tres SA.

En general podemos concluir que el cultivo semi-intensivo propuesto para los tres SA es válido y económicamente viable para la producción de *Pomacea flagellata* y todos ellos pueden ser adaptados a diferentes escenarios de acuerdo a las necesidades, oportunidades económicas y de producción. Es importante mencionar que los resultados del cultivo pueden ser mejorados mediante el ajuste de algunos factores como la densidad de cultivo, la disminución de la tasa de alimentación y la utilización de los alimentos suministrados en dietas mixtas para optimicen el rendimiento del cultivo semi-intensivo.

LITERATURA CITADA

- Alcántara B. F. y N. Nakagawa V. 1996. Cultivo preliminar de churo *Pomacea maculata* (Ampullaridae, Gasteropoda, Perry, 1810). Folia Amazónica Vol. 8 (2)- 1996 IAP. 29-34 p.
- Arreguín E. R. 2004. Aislamiento y caracterización de léctinas provenientes de *Pomacea flagellata*. Instituto de Química, UNAM.
- Boyd, C. E., C. S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA. 700 pp.
- Burgos M. R., 2003. Evaluación de cuatro dietas en dos densidades de siembra para manejo comercial de *Ampullaria sp.* En la Amazonía Ecuatoriana a 950 msnm. Programa Sustentabilidad y Unión Regional – Fundación Ecológica Arcoiris. FUNDACYT. Ecuador. 10 p.
- Carreón Palau Aura, E. Uria G., F. Espinosa Ch., F. Martinez J. 2004. Desarrollo morfológico e histológico del sistema reproductor de *Pomacea patula catemacensis* (Baker 1922) (Mollusca, Caenogastropoda: Ampullariidae). Sociedad de Biología de Chile, Santiago de Chile. 23 pp.
- CDI (Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas), 2004. en línea: ¿Chontales de Tabasco- Yokot anob o Yokotan? http://www.cdi.gob.mx/index.php?id_seccion=279 consultado el 12 de Nov de 2005.
- CONANP, 2004 Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas (borrador) SEMARNAT, México. 248p.
- Díaz-Bolio J., L. León de Gutiérrez. 1974. La chaya, planta maravillosa: alimenticia y medicinal: crónica etnobotánica. Etnobotánica Maya. Mérida, México.
- Eufrocio, P. 1999. Cultivo del Churo (*Pomacea maculata*). Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES. Libro de resúmenes y trabajos, Acuicultura I Seminario Internacional. Lima Perú.
- Figuroa, G. C, Flores H. M, Mónaco, A. S 1992. Manual de sanidad acuícola. Instituto Tecnológico del Mar No 1, Tesis de Licenciatura. Boca del Río Veracruz. 230 p.
- Granados, C. A. 1996. La cría de caracol chino (*Pomacea sp.*) en la ciudadela Guillermo Ungo, El Salvador. Libro de Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura, Universidad Católica del Norte. Chile. P. 190-231 p.
- Hayes, K., R. Cowie. 2005. Apple snail invasions in Asia and beyond. Resúmenes del VI Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA). Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales

Panamá, República de Panamá 4-7 de Julio de 2005. Disponible en URL: <http://www.striweb.si.edu/congresomalacología>

Lum-Kong, A. J. S. Kenny 1989. The reproductive biology of ampullarid snail *Pomacea urceus* (Müller). Journal of Molluscan Studies. 55, 53-65

INEGI, 2004. Base Cartográfica de Climas 2004. Base de Datos

Martínez, T. 1989. Contribución a la ecología y cultivo del caracol de agua dulce *Pomacea patula* (Mesogastropoda: Ampullaridae). Tesis Profesional. Instituto Tecnológico del Mar. Boca del río, Ver. 40 p.

Mayta L.R.B. 1978. Estudio sobre la biología del churo *Pomacea maculata* (Perry) (Gastropoda ampullaridae) en el laboratorio. Anales Científicos, Universidad Nacional La Molina 16, 1-4, 11-14.

Mendoza, R., C. Aguilera, J. Montemayor, G. Rodríguez. 1999. Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesi* (Prosobranchia: Ampullaridae). The Veliger, 42 (1):109-119.

Mendoza R, Aguilera C, Hernández M, Montemayor J, Cruz E. 2002. Elaboración de dietas artificiales para el cultivo del caracol manzana (*Pomacea bridgesi*). Revista AquaTIC, n° 16, Abril 2002. [Disponible el 10/09/2005 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=142>]

NATURLAND, 2004. Normas para la Acuicultura Orgánica. Disponible el 5/01/06 en URL: http://www.naturland.de/spanisch/n2/normas_acuicultura_organica_01_2004.pdf

Nicovita. 1997. Tasa de conversión alimenticia en el cultivo de camarón. en Boletín Nicovita Vol. 2 Edición 3 Marzo de 1997. 1-2 p. (consultado 3 de septiembre de 2005) www.nicovita.com.pe

Ontiveros-López G. 1989. Producción semi –intensiva de crías de *Pomacea* sp. (caracol dulceacuícola) en estanques de concreto, como apoyo a los programas de recuperación de los sistemas palustres del Municipio de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico del Mar, Boca del Río, Veracruz, México. 65 p.

Penchaszadeh Pablo E. 2005. La investigación de las especies autóctonas como base para la explotación sustentable de los recursos y a una acuicultura responsable. Resúmenes del VI Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA). Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales

Panamá, República de Panamá 4-7 de Julio de 2005. Disponible en URL: <http://www.striweb.si.edu/congresomalacología>

Rangel-Ruiz, L. J. 1988. Estudio morfológico de *Pomacea flagellata* Say, 1827 (Gastropoda: Ampullariidae) y algunas consideraciones sobre su taxonomía y distribución geográfica en México. Anales del Instituto de Biología UNAM, Serie Zoológica. 58:21-34

Rodríguez Gil L.A. 2005. Conservación del en el Área de la malacología en América Latina. VI Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA) Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales Panamá, República de Panamá 4-7 de Julio de 2005. Disponible en URL: <http://www.striweb.si.edu/congresomalacología>

Rodríguez Romero F. 2004. Recursos malacológicos de México de interés biotecnológico. III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2004. Disponible en URL: <http://www.civa2003.org>, 2003: 260-272

Ruiz, R. R. 2002. Crecimiento y reproducción de *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda: Ampullariidae) alimentada con *Calothrix* sp. (Cianobacteria). Tesis de Maestría Escuela nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. 105 p.

Tello M. S., P. Padilla P. 2000. Cultivo y procesamiento del churo. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA), Iquitos, Perú. 54 p.

SAGARPA 2006, Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-041-PESC-2004, Pesca responsable en el lago de Catemaco, ubicado en el Estado de Veracruz. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Diario Oficial de la Federación. Jueves 2 de Marzo de 2006. 11 p

Santos S. A. 1999. Efectos de la temperatura y la intensidad luminosa sobre la producción intensiva de crías de caracol, tegogolo *Pomacea patula* (Baker, 1972). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima. 74 p.

SLC (Sociedad Latinoamericana para la Calidad). 2000. Análisis Costo/Beneficio. Disponible el 10/02/2006 en URL: <http://www.educarchile.cl/medios/20040412104224.pdf>.

Sokal, R. R. y F. J, Rohlf. 1981. Biometry. W. H. Freeman and Company. 2nd edition San Francisco, USA. 858 p.

Villamar Ochoa C. A. Programa de bioseguridad para la cría de camarón orgánico *Litopenaeus vannamei* en cautiverio. *Revista AquaTIC*, nº 21, Julio-Diciembre 2004. [Disponible el 24/05/2006 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=175>]

Watanabe, L.C., Kawano, T. 2005. Desenvolvimento embrionário de *Pomacea lineata* (Spix, 1827) (Mollusca, Caenogastropoda): análise em microscopia de luz eletrônica de varredura. Resúmenes. VI Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA) Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales Panamá, República de Panamá 4-7 de Julio de 2005. Disponible en URL: <http://www.striweb.si.edu/congresomalacología>

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd Edition. Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 718pp.