

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA
DIRECCIÓN GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

TEMA:

**CRECIMIENTO Y ENGORDA DE LA CHIVITA (*Pomacea
flagellata*) UTILIZANDO TRES TIPOS DE DIETAS**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ROSA MARÍA DE JESÚS CARRILLO

CHETUMAL QUINTANA ROO 2014



"2014, Año de Octavio Paz"

Chetumal, Q.Roo., 13/Octubre/2014

Oficio No.DT-0240/2014

ASUNTO: Aprobación de impresión

C. ROSA MARÍA DE JESÚS CARRILLO
PASANTE DE BIOLOGÍA
PRESENTE

De acuerdo con el fallo emitido por la Comisión Revisora integrada por el **M.C. ALEJANDRO MEDINA QUEJ, M.C. JOSÉ MANUEL CASTRO PEREZ, DRA. LUCELLY ROLDAN CARRILLO** considerando que reúne los requisitos establecidos en el reglamento de los Institutos Tecnológicos, le autorizamos la impresión de su trabajo profesional titulado:

"CULTIVO EXPERIMENTAL DE LA CHIVITA (*Pomacea flagellata*) CON TRES TIPOS DE DIETA"

ATENTAMENTE

Cultura, Ciencia y Tecnología para la Superación de México ®

M.C. ALEJANDRO MEDINA QUEJ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ING. QUÍMICA Y BIOQUÍMICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL
DEPARTAMENTO DE ING. QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

AMQ/kajf



Av. Insurgentes No. 330, Esq. Andrés Quintana Roo, Colonia David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 267, C.P. 77013,
Chetumal Quintana Roo México, Tel. (983) 8322330 y 8321019, Fax: Ext. 202.
www.itchetumal.edu.mx



GL ISO 9001
ISO 14001
GL Systems Certification

“UN CIENTIFICO DEBE DE
TOMARSE LA LIBERTAD DE
PLANTEAR CUALQUIER CUESTIÓN,
DE DUDAR DE CUALQUIER AFIRMACIÓN
DE CORREGIR ERRORES.

J.R.OPPENLEINER

CUALQUIER COSA QUE PUEDA HACER
O SUEÑO QUE PUEDE HACER,
¡EMPRENDALA!
LA AUDACIA TIENE PODER,
MÁGIA Y GENIO EN ELLA.

GOETHE

DEDICATORIA

A mis dos impulsos en la vida que cuidan siempre mi camino, y enseñaron luchar siempre con fuerza para todo.

A mi hija
HADISHA KINARY DE JESÚS CARRILLO
A mi madre
ROSA MARÍA CARRILLO LEÓN

Ante todo le doy las gracias a ser el impulsor del estudio y de todos mis proyectos, que es la fuente de seguir obteniendo conocimiento e inspiración a mi carrera.

A mi Padre
ALBERTO DE JESÚS NAVARRETE

A mis hermanos que los quiero mucho.

ALBERTO
CRISTOBAL
ANDRES
MELINA

Con todo mi cariño a toda mi familia

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi hija **Hadisha** que desde que nació y partió, me enseñó que la fuerza de la vida está en luchar por lo que uno quiere, que ella siempre es el motor de mi felicidad, de crear y alcanzar nuevas metas.

Le doy gracias a mis padres Alberto y Rosa por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A Frank por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado y guiado en todo momento, sobre todo su paciencia y dedicación en todo el proceso de mi tesis; por ser el nuevo motor de impulso en mis vivencias profesionales y personales, y ser por darme el amor incondicional durante todos estos años.

A mis compañeros de laboratorio José y Abel que compartieron las mismas emociones y experiencias de lograr este trabajo, y por los momentos maravillosos que hemos compartido.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación a mis profesores: Alex y Luceydi, por ser estrictos y que dedicaron tiempo de orientarme a realizar un mejor trabajo.

Le agradezco a mis otros revisores que gracias a ellos que se tardaron infinidad de entregar resultados me dieron el tiempo de dedicarme a otras preparaciones profesionales.

Agradezco enormemente a Ecosur por abrir sus puertas para realizar nuevas investigaciones y al recurso FOMIX dados por COQCyT para llevar a cabo dicha investigación, por darme incentivos de beca para impulsar la investigación.

A mi gato Pombo que fue fiel acompañante en esas noches mientras escribía el contenido, simplemente veía y disfrutaba de la noche a mi lado.

INDICE

<u>1.INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>2</u>
1.1. APROVECHAMIENTO DE CULTIVO	3
<u>2. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE</u>	<u>5</u>
2.1. <i>POMACEA FLAGELLATA</i>	5
2.1.1 MORFOLOGÍA	5
2.1.2 CONCHA	5
2.1.3 OPÉRCULO	5
2.1.4 COMPLEJO CABEZA PIE	6
2.2. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA	6
2.3. ALIMENTACIÓN.....	8
<u>2.4 ANTECEDENTES</u>	<u>10</u>
2.4.1 GENERALIDADES DEL GENERO <i>POMACEA</i>	10
<u>3. OBJETIVOS.....</u>	<u>14</u>
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<u>4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>15</u>
<u>5. JUSTIFICACIÓN.....</u>	<u>17</u>
<u>6. ÁREA DE ESTUDIO</u>	<u>18</u>
<u>7. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>20</u>
7.1 INSTALACIÓN DE LAS UNIDADES DE CULTIVO.....	20

7.2 OBTENCIÓN DE LAS MASAS DE HUEVOS.....	21
7.3 ECLOSIÓN	22
7.4 SIEMBRA	22
7.5 DETERMINACIÓN DE LAS DIETAS.....	22
7.6. MEDICIÓN DE PARÁMETROS	24
7.7. BIOMETRÍAS	25
7.8. PARASITOLOGÍA.....	28
7.9. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL DISEÑO DE CULTIVO.....	28
7.10. ANÁLISIS COSTO- VOLUMEN- UTILIDAD	29
7.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	29
<u>8. RESULTADOS.....</u>	<u>31</u>
8.1. CRECIMIENTO.....	31
8.2. SOBREVIVENCIA	31
8.3. RELACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICO- QUÍMICOS EN LOS SA	39
8.3.1. TEMPERATURA.....	39
8.3.2. OXÍGENO.....	40
8.3.3. PH.....	40
8.4. MADUREZ SEXUAL DE LA CHIVITA Y REPRODUCCIÓN EN CAUTIVERIO	43
8.5. PROPORCIÓN DE SEXOS	44
8.6. PARASITOLOGÍA.....	44
8.7. FCA FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA.....	44
8.8. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	46
8.9. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL DISEÑO DE CULTIVO.....	47
8.10. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL DISEÑO DE CULTIVO PARA LA ENGORDA DE CARACOL “CHIVITA	47
<u>9. DISCUSIÓN.....</u>	<u>49</u>
9.1. CRECIMIENTO Y ENGORDA.....	49
9.2. REPRODUCCIÓN	52
9.3. SOBREVIVENCIA	52

9.4. PARÁMETROS	54
9.5. COMPARACIONES FCA	56
<u>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>58</u>
10.1. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS.....	59
<u>11. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>61</u>
<u>12. ANEXOS</u>	<u>67</u>

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CARACOLES <i>Pomacea flagellata</i> EN LA LAGUNA DE BACALAR	4
FIGURA 2. MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO	19
FIGURA 3. INSTALACIONES DEL ÁREA DE CULTIVO EN ECOSUR UNIDAD	20
FIGURA 4. SISTEMA DE CULTIVO FORMA LINEAL CON TRATAMIENTOS TRIPLICADOS	21
FIGURA 5. MEDICIÓN DE LOS JUVENILES MEDIANTE VERNIER	26
FIGURA 6. MEDICIÓN DE LOS JUVENILES MEDIANTE VERNIER CALIBRADO EN ESTEREOSCOPIO	26
FIGURA 7. BALANZA ANALÍTICA HR-200 CON PRECISIÓN 0,0001G	31
FIGURA 8. CURVAS DE SOBREVIVENCIA EN LOS TRATAMIENTOS CON TRES TIPOS DE DIETAS.	34
FIGURA 9. CURVAS Y ECUACIONES DE CRECIMIENTO DE LOS INDIVIDUOS DE <i>P. FLAGELLATA</i> SOMETIDOS A TRES TIPOS DE DIETAS.	35
FIGURA 10. CURVAS Y ECUACIONES DE CRECIMIENTO DE LOS INDIVIDUOS DE <i>P. FLAGELLATA</i> SOMETIDOS A TRES TIPOS DE DIETAS: A – CAMARONINA, B – CHAYA Y C – ESPINACA.	36
FIGURA 11. RELACIÓN LONGITUD-PESO Y CURVA DE REGRESIÓN DE <i>P. flagellata</i> CULTIVADA CON TRES DIETAS: A - CAMARONINA, B - CHAYA Y C - ESPINACA. NÓTESE QUE LOS EJES EN C TIENEN DISTINTA PROPORCIÓN A LOS PRESENTADOS EN A Y B.	39
FIGURA 12. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DEL AGUA DURANTE EL PERIODO DE CULTIVO. CORRESPONDIENTES DESDE EL MES DE NOVIEMBRE A JUNIO 2013.	40
FIGURA 13. VARIACIONES DE PH DEL AGUA EN LOS MESES DE CULTIVO, EN LAS DIFERENTES DIETAS.	42
FIGURA 14. DIMORFISMO EN LA COLORACIÓN DE LA CONCHA EN LOS CARACOLES DEL GENERO	67

FIGURA 15. CARACOL ADULTO VISTA DEL PIE EN LA SUPERFICIE DEL AGUA. 67

FIGURA 16. CICLO DE VIDA ESQUEMATIZADO DURANTE LOS MESES DE CULTIVO OBTENIDOS CON LA DIETA C (CAMARONINA) 68

FIGURA 17. JUVENILES ALIMENTÁNDOSE DE LA DIETA A (CHAYA) 69

FIGURA 18. PUESTA DE LA MASA DE HUEVOS CON SUS DIFERENTES COLORACIONES, RECIÉN PUESTA Y 4 DÍAS DESPUÉS 69

FIGURA 19. CICLO DE VIDA DE LOS TREMATODOS. SCHISTOSOMA SP. 71

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES PROXIMALES DE LOS ALIMENTOS EMPLEADOS EN LOS TRES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EXPERIMENTALES DE LA CHIVITA <i>P. FLAGELLATA</i>	25
TABLA 2. CONDICIONES INICIALES Y RESULTADOS DEL CULTIVO EXPERIMENTAL (<i>P. FLAGELLATA</i>) EN TRES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN POR UNIDAD DE CULTIVO.....	25
TABLA 3. COMPARACIÓN DE LA TALLA Y EL PESO (MEDIA \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR) ENTRE LOS TRES TIPOS DE DIETAS, EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CULTIVO.....	32
TABLA 4. COMPARACIÓN DE LA GANANCIA DE TALLA POR SEMANA Y LA GANANCIA DE PESO POR SEMANA (MEDIA \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR) ENTRE LOS TRES TIPOS DE DIETAS, EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CULTIVO.....	34
TABLA 5. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA ECUACIÓN ESTACIONALIZADA DE VON BERTALANFFY CALCULADOS PARA <i>POMACEA FLAGELLATA</i> CON DOS TIPOS DE DIETAS.....	37
TABLA 6. CRECIMIENTO RELATIVO DE <i>P. flagellata</i> CULTIVADA CON TRES TIPOS DE DIETAS.....	38
TABLA 7. VALORES DE TEMPERATURA, PH Y OXÍGENO DISUELTO DEL AGUA PARA LOS TRES TRATAMIENTOS DURANTE EL PERIODO DE CULTIVO.....	43
TABLA 8. CORRELACIÓN DE RANGOS DE SPEARMAN ENTRE DIFERENTES VARIABLES ANALIZADAS PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS (DIETAS) Y PARA TODOS LOS DATOS AGRUPADOS.....	43
TABLA 9. RESULTADOS DE FCA (FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA) PARA LAS DIFERENTES DIETAS.	46
TABLA 10. ANÁLISIS PARA LA CANTIDAD DE EQUILIBRIO (Q) Y LOS CÁLCULOS DE COSTOS FIJOS.....	48

RESUMEN

Se evaluó el patrón de crecimiento y engorda de la “Chivita” (*Pomacea flagellata*), ante tres diferentes dietas. Las masas ovígeras se recolectaron en la vegetación hidrófila emergente de la Laguna de Bacalar, Quintana Roo; la siembra y crecimiento se realizó en el laboratorio de Ecosur durante 203 días, a 3 grupos de 40 caracoles por unidad con talla promedio de ($\pm 2,3$ mm) utilizando 3 réplicas para cada tratamiento. Las dietas consistieron en dieta A (chaya fresca), dieta B (espinaca) y dieta C (camaronina tipo hojuela y pelet) a las cuales se les determinó el alimento de acuerdo al porcentaje de peso húmedo de los individuos del 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, con una ración diaria para los tratamientos. Al inicio del cultivo, a pesar de haber seleccionado los individuos al azar, se observó que los individuos expuestos al tratamiento de Espinaca tenían una talla y peso menores en comparación con los otros tratamientos. No obstante en la cuarta semana ya no existían diferencias en talla y peso entre los individuos expuestos a los tratamientos con Chaya y Espinaca, pero la talla y el peso de los individuos sometidos al tratamiento con Camaronina, fue significativamente mayor. Este comportamiento se mantuvo hasta la semana 16. Los resultados obtenidos de acuerdo a las biometrías semanales indican que el peso de los caracoles fue afectado para la dieta B (Espinaca) y obteniendo valores más altos para la dieta 1 y 3 (Chaya y Camaronina) los animales con la dieta 3 alcanzaron mayor peso y talla con un promedio por individuo de talla media de 34.17 mm y un peso medio de 9.72 g significativamente mayores para la dieta A. Hasta la semana 16 del cultivo, la supervivencia fue de 45.8% para Chaya, 20% para Espinaca y 76.7% para Camaronina. Al final del cultivo la mayor sobrevivencia de los individuos fue en el tratamiento de Camaronina (55.8%), mientras que de los individuos alimentados con Chaya solo sobrevivió un tercio, existiendo diferencias significativas en las tasas de sobrevivencia ($p < 0.05$).

CRECIMIENTO Y ENGORDA DE LA CHIVITA (*Pomacea flagellata*) UTILIZANDO TRES TIPOS DE DIETA

1.INTRODUCCIÓN

El género *Pomacea* (Perry, 1810) es un grupo de caracoles de agua dulce que se distribuye en América Central, América del Sur y las Islas del Caribe, cohabita con otros caracoles de la familia Ampullaridae, a la cual pertenece (Naranjo-García y García Cubas, 1986; Naranjo-García, 2004). Los pomáceos cuentan, con 17 especies vivas y una fósil, de acuerdo con la distribución ya mencionada; en América del Norte están presentes tres de estas especies (Rangel-Ruíz, 1988; Rangel Ruíz *et al.*, 2003). Esta familia también se extiende desde el Oeste de la India hasta Florida y Georgia en Estados Unidos. En África, a estos caracoles se les encuentra a lo largo del Río Nilo en Egipto, siendo más abundantes hacia el centro del continente. En el Oriente, se distribuyen desde la India y Sri Lanka, a través de Tailandia y hasta el Este de la India, excepto en Nueva Guinea (Perera y Walls, 1996). El género se encuentra en zonas tropicales y subtropicales húmedas, y habita en ríos, lagos, canales, pantanos y humedales en general, preferentemente donde la vegetación es abundante (Rangel-Ruíz, 1988; Perera y Walls, 1996) (Fig.1).



Fig.1. Caracoles *Pomacea flagellata* en la Laguna de Bacalar (foto tomada en Bacalar, por Rosa de Jesús, 2013)

En México se han registrado sólo dos especies: *Pomacea flagellata* (Say, 1827), que se distribuye desde el Norte de Veracruz, a través de la vertiente del Golfo de México, hasta la Península de Yucatán, desciende por el Estado de Chiapas y posiblemente Oaxaca, y continúa por Centroamérica hasta el Norte de Colombia; y una segunda especie, que corresponde a *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922) que limita su distribución al Lago de Catemaco, Veracruz (Naranjo-García y García-Cubas, 1986; Rangel Ruíz, 1988; Rangel-Ruíz *et al.*, 2003).

A los caracoles del género *Pomacea* se les han asignado diversos nombres comunes, como: “caracol manzana” que es conocido a nivel mundial. Particularmente en Tabasco, México, se le conoce como “tote”, “caracol de río”, “caracol de pantano”; en Chiapas se le denomina “tango” y en Veracruz, “teogolo” (Rangel-Ruíz *et al.*, 2003).

1.1. Aprovechamiento de cultivo

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; 2005). 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, y debido a esto, son considerados candidatos potenciales para su cultivo (Hayes y Cowie, 2005; Penchaszadeh, 2005).

En México, el uso y aprovechamiento de los caracoles dulceacuícolas del género *Pomacea* como alimento, se centra principalmente en el teogolo (*Pomacea patula catemacensis*) y en el tote (*P. flagellata*), organismos nativos cuya tradición de consumo se encuentra estrechamente ligada con las etnias Zoque, Popoluc, Nahuatl, Chontal y un gran sector de la población mestiza (CONANP, 2004; CDI, 2004).

Además, el crecimiento del caracol se puede optimizar mediante el uso de dietas comerciales ricas en proteínas (Ramnarine, 2004; Tamaru *et al.*, 2005) y con

porcentajes equivalentes de proteínas animales y vegetales (Mendoza *et al.*, 2002). El género *Pomacea* generalmente se ha considerado como un organismo herbívoro (Burlakova *et al.*, 2009), Sin embargo, es capaz de adaptarse a las dietas artificiales que incluyen proteína animal (Góngora *et al.*, 2004; Ruiz *et al.*, 2005;.Tamaru *et al.*, 2005;.Garr *et al.*, 2011). Es importante mencionar que no existen dietas comerciales disponibles para esta especie de caracol, por lo tanto, una posible alternativa para su alimentación en cautividad es la de dietas diseñadas para otras especies acuáticas.

2. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

Los Gasterópodos de la familia Ampullariidae presentan vida anfibia y su cavidad del manto se divide en un pulmón en el lado izquierdo y en el lado derecho una branquia unipectinada (Barnes, 1997).

Muchos gasterópodos pulmonados facilitan su alimentación por la presencia de mandíbulas además poseen rádula con dientes que raspan las paredes donde se encuentran algas y las partes blandas de las plantas (Villemant, 1974).

2.1. *Pomacea flagellata*

P. flagellata fue descrita por Say en 1927, a partir de organismos recolectados en alguna localidad de México y fue primeramente como *Ampullaria flagellata*.

2.1.1 Morfología

Anatómicamente el cuerpo de este caracol lo podemos dividir en tres estructuras características: la concha, el opérculo y la masa visceral que comprende todos los órganos, aparatos y sistemas del animal (Rangel-Ruiz, 1988).

2.1.2 Concha

Esta especie presenta una concha dura que cubre y protege las partes blandas del animal. Las características de la concha más relevantes que permiten reconocerlo son: una concha grande, con espiral que se desarrolla hacia la derecha (dextrógira), de forma subglobosa y una coloración que varía de pardo- verdosa. Las vueltas de la espira son cortas y son de tres a cuatro. Las uniones entre vuelta y vuelta de la espira (suturas) son poco profundas. La vuelta del cuerpo o última vuelta de la espira es considerablemente más grande y presenta en su superficie como parte de su escultura, de 21 a 25 bandas espirales de color pardo de diferente grosor. La abertura de la concha es estrecha y angulosa en la parte anterior y redondeada posteriormente; representa más de la mitad de la longitud de la concha.

2.1.3 Opérculo

El opérculo es una estructura dura, cornea, delgada, con una coloración ámbar, localizada en la región dorsal y posterior del pie, presenta líneas concéntricas. Su

función es de protección o defensa, ya que cierra la abertura de la concha cuando el animal se retrae para protegerse de algún depredador (Perera y Walls, 1996).

2.1.4 Complejo cabeza pie

Presenta un par de tentáculos grandes filiformes que actúan como un órgano mecanorreceptor y en la base de cada uno poseen un omatóforo bien desarrollado en el cual se implantan los ojos.

Es característico de este grupo de caracoles la presencia de un par de palpos labiales localizados a un lado de la boca parecidos a los tentáculos y cuya función es sensorial. El pie es bastante grande y musculoso, que en su parte anterior es ligeramente espatulado y en la posterior es puntiagudo. La coloración del complejo cabeza-pie se debe a la gran cantidad de células pigmentarias llamadas melanóforos. En algunas ocasiones se logra observar algunos organismos albinos en donde la cantidad de melanóforos es muy escasa (Perera y Walls, 1996).

2.2. Biología reproductiva

Son organismos dioicos y no presentan dimorfismo sexual ni en tamaño ni en coloración. La única forma de poder sexar a estos organismos es buscar el complejo peneal del macho sobre la parte superior de la abertura, arriba y a la derecha de la cabeza (Perera y Walls, 1996).

Para efectuar la cópula, el macho se coloca sobre la concha de la hembra a la cual se adhiere por medio del pie, enseguida exterioriza el pene por la abertura superior de la concha que a su vez penetra en el orificio genital de la hembra localizado en la misma posición, iniciando de ésta manera la cópula. Durante ésta, los organismos pueden estar sumergidos o flotando en la superficie del agua e inclusive la hembra puede continuar alimentándose.

El período de la cópula varía desde unos cuantos minutos hasta tres horas. Al término de la cópula el macho retrae el pene abandonando la concha de la hembra y se precipita al fondo lo mismo que la hembra. La cópula ocurre preferentemente durante la noche, primeras horas de la mañana y ocasionalmente durante el día.

Un comportamiento característico de esta especie es que las hembras salen a las orillas de los cuerpos de agua para ovopositar, colocando sus puestas en superficies duras como troncos, ramas, rocas o también y muy frecuentemente, sobre los tallos o en el envés de las hojas del lirio acuático (*Eichornia crassipes*). Para ovopositar, la hembra se mantiene adherida por medio del pie que le sirve como órgano de fijación. Inicia la ovoposición con la liberación constante de huevos a intervalos de un huevo cada minuto aproximadamente, pudiendo ocurrir ligeras interrupciones; éstos son aglutinados por un líquido viscoso y se van acumulando formando un conglomerado; la hembra se desplaza lentamente hacia abajo dándole la forma ovalada característica, aunque también se pueden presentar diversas formas y tamaños, dependiendo de la edad de la hembra y del lugar donde ovoposite.

El diámetro de los huevos oscila entre 2.5 y 3.0 mm, las puestas recién formadas son de color rosa pálido presentando una consistencia blanda que se pierde al término de pocas horas (seis o siete); después de cinco a seis días se tornan de color rosa fuerte, y próximos a eclosionar, el color es cenizo oscuro. Estas variaciones de color son causadas por el desarrollo y pigmentación de la concha de los embriones. (Perera y Walls, 1996)

La eclosión de los huevos puede ser simultánea y realizarse en pocas horas o bien tardar dos días en eclosionar todos. Cabe mencionar como comportamiento característico, que los organismos se aglomeran en el interior de la puesta antes de eclosionar, ya que rompen las paredes internas de los huevos que los separan, para finalmente caer al agua por medio de un orificio en la parte inferior de la puesta.

Los organismos recién eclosionados tienen una longitud máxima de 2.5 mm y un ancho máximo de 1.5 mm. Estos tienen un color claro transparente, la concha presenta pigmentaciones en forma de puntos oscuros y al cabo de 2 días aproximadamente, esta pigmentación empieza a completarse a partir de las espiras hasta adquirir el color oscuro con bandas coloreadas características de estos organismos (Lobo, 1986).

La reproducción de esta especie se realiza durante todos los meses del año, lo cual se puede observar claramente por la presencia de puestas recientes. La ovoposición en el campo disminuye notablemente en la época de lluvias y principalmente en los meses de diciembre y enero en los cuales son muy frecuentes los nortes en el sureste de México. Sus eventos reproductivos aumentan en épocas de secas. Lo anterior es debido a que una vez que las puestas se han endurecido, cuando éstas se ponen en contacto con el agua son gravemente dañadas.

No sólo los factores ambientales como la alimentación y la temperatura son importantes. Algunas especies tienen un período de estivación, mientras que otras especies no, incluso cuando se mantienen en las mismas condiciones ambientales estas propiedades juegan un papel importante en el ciclo de vida y reproducción.

2.3. Alimentación

Los “caracoles manzana” o pomáceos pueden presentar tres tipos básicos de alimentación, aunque usualmente se consideran herbívoros cuando se alimentan *de macrófitas o de* hojas verdes. En algunos casos tienen hábitos carroñeros, debido a que se les ha observado alimentándose de peces o animales muertos (Rangel-Ruíz, 1988); otros son micrófagos, consumidores de microalgas que se encuentran adheridas sobre la vegetación llamada perifiton, sobre objetos inertes, o incluso pueden alimentarse de microalgas en suspensión, ya sea por ramoneo o por movimientos ciliares (Perera y Walls, 1996); sin embargo, sus hábitos alimenticios no se limitan a un solo tipo, ya que bajo ciertas condiciones pueden tener las tres modalidades o cambiar sus preferencias para alimentarse.

De acuerdo con Rangel-Ruíz (1988), bajo condiciones de laboratorio y ante la escasez de alimento, los caracoles pomáceos pueden depredar a otros gasterópodos, como los caracoles de las familias Physidae, Planorbidae y

Lymnaeidae, encontrándose también que en ausencia de alimento presentan hábitos de canibalismo.

Aunque a los caracoles del género *Pomacea* se les considera de hábitos herbívoros generalizados, también han aceptado dietas artificiales con fuentes proteínicas de origen animal, tal es el caso del alimento para rana y peces (Góngora *et al.*, 2005), para trucha (Carreón *et al.*, 2003) y carpa (Ruíz *et al.*, 2005), con las cuales han mostrado un buen crecimiento y reproducción.

2.4 ANTECEDENTES

2.4.1 Generalidades del género *Pomacea*

La taxonomía de este género ha resultado muy confusa, reconociendo entre 75 y 150 especies muy variables, de acuerdo con las investigaciones de Perera y Walls (1996); sin embargo, Cazzaniga (2002) ha estimado recientemente que en Sudamérica existen 50 especies bien conocidas, eliminando muchas de las viejas especies, cuya clasificación estaba basada únicamente en la descripción de las conchas. Los caracoles del Género *Pomacea* son moluscos acuáticos que pertenecen a la Familia Ampullariidae, la cual se caracteriza por agrupar a caracoles anfibios con un pie móvil muy carnoso. El género *Pomacea*, cuyo nombre deriva del griego poma-manzana, agrupa especies con conchas globosas, en “forma de manzana” y con aberturas ovals amplias.

De acuerdo con Rangel-Ruíz (1988), bajo condiciones de laboratorio y ante la escasez de alimento, los caracoles pomáceos pueden depredar a otros gasterópodos, como los caracoles de las familias Physidae, Planorbidae y Lymnaeidae, encontrándose también que en ausencia de alimento presentan hábitos de canibalismo.

La fauna malacológica tanto dulceacuícola, marina y salobre en México constituye parte de la dieta de las comunidades costeras de menor ingreso (Baqueiro, 1984). En muchos casos la creciente demanda de algún organismo y la destrucción de su hábitat hace necesarios estudios biológicos y de dinámica poblacional con el fin de proteger el recurso a través de la regulación pesquera. En dichos estudios las evaluaciones deben hacerse en términos biológicos, ambientales y económicos (Chávez, 1987).

Se han realizado diversas investigaciones sobre el género *Pomacea* (Perera y Walls, 2002) así mismo como recopilaciones bibliográficas de moluscos dulceacuícolas de México donde se incluye al género *Pomacea*, explicando aspectos biológicos, comportamiento, cultivo e importancia (Naranjo-García, 2003). En la península de Yucatán se realizaron los primeros estudios de moluscos dulceacuícolas de la Reserva Ecológica del Edén, Quintana Roo, este

estudio constituye el primer registro de moluscos donde reportan aspectos sobre la distribución y ecología de *Pomacea flagellata* (Manzano-Naranjo, 2007). *P. flagellata* fue descrita por Say en 1927, a partir de organismos recolectados en alguna localidad del Estado de México y fue llamada primeramente como *Ampullaria flagellata*.

Por varios años los moluscos han sido clasificados en su mayoría, por características externas, fundamentalmente de la concha. Esto dio lugar a una gran confusión, ya que la misma especie en la presentación llega a tener diferencias sutiles, debido principalmente a las condiciones ambientales por lo que fueron descritos por diferentes autores como especies diferentes. Esta es la razón principal de que algunos nombres se han convertido en sinónimos. Lamentablemente algunos pomáceos aún no se han estudiado a fondo en cuanto a su anatomía (Rangel-Ruíz 1988). Una revisión bibliográfica referente a datos ecológicos y aspectos socioeconómicos de caracoles pomáceos mencionan que en México es escasa la información sobre las especies *P. flagellata* y *P. patula catemacensis*, las cuales tienen un gran potencial como fuente de alimentación y como complemento proteínico en la dieta de los pobladores de distintas regiones (Vásquez-Silva *et al.*, 2011).

Entre los estudios sobre cultivo de caracoles del género *Pomacea* se encuentra la inducción de la incubación y desove artificial de huevos por un periodo de 6 semanas de producción en Trinidad con *P. urceus* alimentados con lechuga acuática y malanga (Ramnarine, 2001). Un cultivo de aprovechamiento se produjo con caracoles acuáticos “churos” (*P. maculata*) con la finalidad de mejorar la nutrición de una comunidad indígena y comercializar la producción a nivel local y regional en la Amazonía peruana (Padilla *et al.*, 2002). Por otra parte en la universidad de Nuevo León, se desarrolló un trabajo con dietas artificiales con el propósito de conocer el potencial de cultivo del caracol manzana *P. bridgesi*, en primer término, se realizó un bioensayo con el fin de determinar la proporción de proteína animal/proteína vegetal (PA/PV) más adecuada en dietas artificiales para

el cultivo de estos organismos. Utilizando harina de pescado como fuente de proteína animal (PA) y una combinación de lechuga y espinaca acuática como fuente de proteína vegetal (PV), se elaboraron 5 dietas con diferentes proporciones. (Mendoza, 2002). En Argentina se realizó un trabajo sobre la biología del ciclo de vida de *P. canaliculata* analizando la historia natural y plasticidad sobre los efectos de los factores de crecimiento de la especie así como características ecológicas (Estebenet y Martín, 2002).

Sobre *P. patula catemacensis* se caracterizó, histológica y morfológicamente, al sistema reproductor y se determinaron las etapas de madurez gonádica en condiciones de laboratorio (Carreón-Palau *et al.*, 2003). La evaluación de dos dietas para determinar si hay afectación sobre el crecimiento y la reproducción con una dieta cultivada a base de cianobacterias *Calothrix* sp y una dieta artificial tipo pellet para carpa para *P. patula*, Ruíz *et al.*, (2005) obtienen como resultado que la alimentación por cianobacterias es más favorable. El efecto de la depuración en adultos de *P. patula* es otro estudio mediante la aplicación del índice de condición (IC), bajo condiciones de laboratorio (García-Ulloa y Ramnarine, 2006). Otros estudios sobre cultivos abarcando crecimiento con diferentes densidades con especies tales como *P. lineata* y *P. bridgesi*, alimentados con dietas de pelet de camaronina durante un mes seleccionando juveniles se pudo obtener que entre tratamiento y densidades *P. bridgesi* obtuvo mejores resultados de crecimiento (Alves *et al.*, 2006). Meyer y Santos, (2006) en condiciones controladas realizaron experimentos con desoves de hembras en el laboratorio con temperaturas controladas y fotoperiodo teniendo como resultado crecimiento mayores con temperaturas más altas.

En Florida se realizaron cultivos con *P. patula* con propósitos en el mejoramiento del crecimiento y engorde del mismo, así como su reproducción (Garm *et al.*, 2007); así mismo se han realizado estudios sobre el efecto del calcio y el pH sobre el crecimiento de la concha y el aplaste del peso en el caracol manzana de Florida, *P. paludosa*. Estos autores encontraron que las condiciones de pH limitan el crecimiento del caracol manzana. Además que existe una diferencia de

adaptación de los caracoles de acuerdo a las concentraciones de calcio (Glass y Darby ,2008). García-Ulloa *et al.* (2008) realizaron un estudio sobre la morfometría de *P. patula* relacionando la longitud y peso con respecto a diferentes estadios de vida.

Posch *et al.* (2011) probaron el efecto de la densidad en el crecimiento y sobrevivencia de *P. paludosa* en condiciones de laboratorio. Con *P. canaliculata* y *P. scalaris* se realizó un estudio comparativo sobre la reproducción y características de crecimiento en juveniles, determinando la dependencia de crecimiento con la temperatura y la alimentación (Ying Wu *et al.*, 2011) Para determinar si la densidad afecta a la reproducción, se realizaron experimentos en criaderos de *P. paludosa* con proporción de sexos 1:1 con un solo tipo de alimentación (Posch *et al.*, 2012). Con la misma especie se realizaron cultivos sobre los efectos de la densidad en el crecimiento y sobrevivencia (Garr *et al.*, 2011). Un estudio para ver el potencial de cultivo con fines ornamentales con 5 diferentes dietas se realizó con *P. bridgesii* (Coelo *et al.*,2012).

Otro trabajo sobre el efecto de las dietas en el crecimiento, sobrevivencia y composición química de la carne, fue realizado con *P. patula*. En este estudio se determinó que la sobrevivencia no está relacionada con las dietas utilizadas, así mismo pasaron por pruebas de crecimiento y sobrevivencia cada 2 semanas obteniendo individuos con tallas promedio de 32 mm en 195 días de cultivo (Vázquez-Silva *et al.*, 2012). Por otra parte, Brito-Manzano (2007), determinó el efecto de la densidad de organismos sobre el porcentaje de sobrevivencia en juveniles del caracol “tote” *P. flagellata*. Un estudio realizado para la validación del cultivo semi-intensivo sobre *Pomace flagellata* utilizaron tres dietas a base de chaya, alimento para pollo y tilapia obteniendo resultados factibles para el cultivo, (Iriarte y Mendoza, 2007)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar qué tipo de tratamiento (dietas) a nivel experimental, es el más efectivo para el crecimiento y engorde de *Pomacea flagellata*.

3.2 Objetivos específicos

- Estimar el crecimiento y sobrevivencia de *P. flagellata* bajo tres regímenes de dietas.
- Determinar si existe relación entre el crecimiento y la sobrevivencia con los factores físicos en las condiciones de cultivo.
- Determinar el tiempo que alcanzan la talla de madurez sexual (primera copula) en los diferentes cultivos, así como la proporción de sexos.
- Realizar un análisis Costo- beneficio del cultivo experimental.
- Analizar contenido estomacal y muscular para descartar presencia de parásitos.
- Identificar presencia de parásitos dañinos para el hombre en el intestino y músculo del caracol

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción acuícola ha crecido en términos absolutos en la última década en el país, sin embargo la tendencia del crecimiento se ha retraído en los últimos años principalmente por efecto de factores sociales, así como por insuficiente promoción, por lo que se puede afirmar que la acuicultura afronta un problema de desarrollo sostenible.

La acuicultura comercial da inicio en México a principios de los años 70 con la producción de tilapia, carpa y trucha arcoiris. La actividad progresó rápidamente a finales de los años 80 con avances en el cultivo de camarón. Para 1990 la producción era relativamente grande, 5,000 t de tilapia, 780 t de trucha arcoiris, 7,600 t de carpa común, 600t de bagre y 4,371 t de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Actualmente la industria acuícola ha superado la capacidad productiva de industrias de producción primaria alcanzando crecimientos superiores al 4.5% anual en México. (SAGARPA, 2012)

Históricamente la acuicultura en México se ha basado fundamentalmente en especies dulceacuícolas, lo cual ha resultado en un desarrollo importante de la industria de alimentos formulados especializados en producir dietas con las características requeridas para las diferentes especies. Sin embargo, salvo el crecimiento destacable del cultivo de camarón y paralelamente el de la producción de alimentos para este organismo, esto ha presentado que el cultivo de otras especies tenga un menor dinamismo, lo cual se atribuye en parte a la carencia de conocimientos formulados apropiados para las diferentes especies con potencial de cultivo.

Ante este panorama, es de especial relevancia que se establezcan nuevas estrategias para mejorar la disponibilidad de alimentos formulados para otras especies, lo cual permitirá fomentar su cultivo, con el consecuente beneficio de aumentar la disponibilidad de proteína animal a nuestro consumo diario.

La ausencia del cultivo de *Pomacea* en Quintana Roo se debe principalmente a la falta de estudios básicos sobre la biología y el comportamiento de estos

organismos en cautiverio y en su medio natural. Por otra parte no se conocen las tecnologías de cultivo aplicables a las condiciones existentes en el territorio.

5. JUSTIFICACIÓN

La actividad acuícola en caracoles de agua dulce en particular en el Género *Pomacea*, en México es muy escasa. Su explotación en sus inicios era la pesca en la vida silvestre de tipo artesanal, para su consumo local y regional de algunos estados. Sin embargo, en la actualidad, la sobre explotación pesquera ha conllevado a implementar vedas de la especie en el Estado de Quintana Roo. El cultivo para la producción de la chivita ha sido de interés por parte del gobierno del Estado, sin embargo, no existen datos previos sobre el cultivo de este molusco.

El caracol Chivita *P. flagellata* es un gasterópodo de alto valor comercial, cuyo cultivo podría ofrecer interesantes alternativas para el desarrollo socioeconómico de la región. Por esta razón, es necesario valorar los efectos de las condiciones imperantes en los sitios potenciales de cultivo sobre su crecimiento y sobrevivencia, a fin de determinar la factibilidad técnica de su manejo acuícola, con la garantía de poder obtener tallas adecuadas en tiempos razonables y tasas de supervivencia favorables para proyectar en su momento una actividad comercial.

En Quintana Roo no existen registros de cultivo de *Pomacea*. Los esfuerzos de particulares y del gobierno, se han dirigido mayoritariamente hacia el cultivo de peces principalmente como la tilapia; cubriendo todas las etapas de la cadena productiva como la siembra, cultivo, engorda, cosecha y comercialización. (SAGARPA, INAPESCA, 2012). Ante el interés del gobierno y de los pescadores, se convocó a elaborar una propuesta de investigación, para evaluar el estado actual del recurso en la laguna de Bacalar y la implementación de cultivos experimentales de la “chivita”. Este caracol se ha explotado en la laguna de Bacalar, durante varios años, sin haberse hecho estudios previos y sin llevar un manejo pesquero controlado.

Considerando que *P. flagellata* es una especie que se adapta fácilmente a las condiciones que se le presentan, no compite por espacio y alimento, y tiene un alto valor nutritivo, es un organismo viable a ser cultivado.

Con este experimento se establecerá qué dieta será mejor aprovechada por *P. flagellata* con el fin de implementar proyectos productivos para el buen manejo de este recurso explotado de manera artesanal en el sur de Quintana Roo.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El cultivo experimental del Caracol “Chivita” (*Pomácea flagellata*) se realizó en el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR Chetumal) Av. del Centenario Km. 5.5 Chetumal, Quintana Roo, México. (Fig. 2)

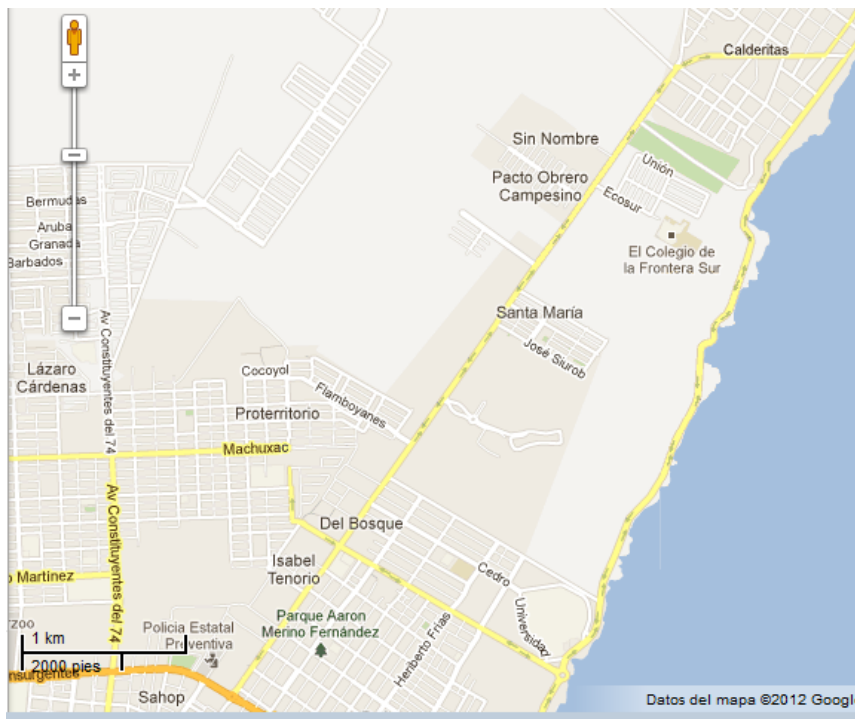


Figura. 2. Mapa de ubicación de la zona donde se realizó el estudio (mapa google, 2012)

Para el estudio experimental se determinó un área de 24 m^2 (6x4m) rodeada de malla anticiclónica con techo laminado, en piso de cemento con inclinación del 5 % y con 40 a 45 % de sombra provista por árboles con una altura promedio de 4 m alrededor del área de trabajo. Con suministro de Luz y agua potable. (fig.3)



Figura. 3 Instalaciones del área de cultivo en Ecosur unidad Chetumal. Vista previa (foto tomada por Rosa De Jesús)

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Instalación de las Unidades de cultivo

Se utilizaron 9 unidades de cultivo (UC), peceras de vidrio de 40 litros de capacidad (con un grosor de 4 mm y de 40 cm largo x 25 cm ancho x 40 cm altura) se les instaló unas tapas de malla de mosquitero para evitar la entrada de insectos, o fuga de caracoles. Se utilizó agua potable expuesta al sol 24 horas para eliminar el exceso de cloro y utilizarla como recambio, esto captado en un tinaco de 750litros. Se utilizó un sistema cerrado con filtro de arena (fig. 4). La tasa de recambio fue semanal, para eliminar heces y alimento no consumido, así como los organismos muertos, cambiando aproximadamente del 10 % del volumen total de agua de cada UC (4 litros) para las primeras 5 semanas, y hasta un 20 % (8 litros) durante las últimas etapas del cultivo. Este recambio de agua y la consiguiente eliminación de heces y alimento no consumido se realizaron por sifoneo. A los 15 días se llevó a cabo la limpieza total de las peceras por presencia de algas que perjudican el aprovechamiento del Oxígeno y alimento en los cultivos, esto consistió en limpiar las peceras con una fibra comercial y chorro de agua, no se usó detergente o algún otro limpiador para no perjudicar y alterar el ambiente así como el pH del agua de las peceras.

La distribución de las UC se realizó de forma lineal de manera consecutiva quedando una recta colocando las peceras de cada unidad de cultivo tratamiento A, B y C. (fig. 4)

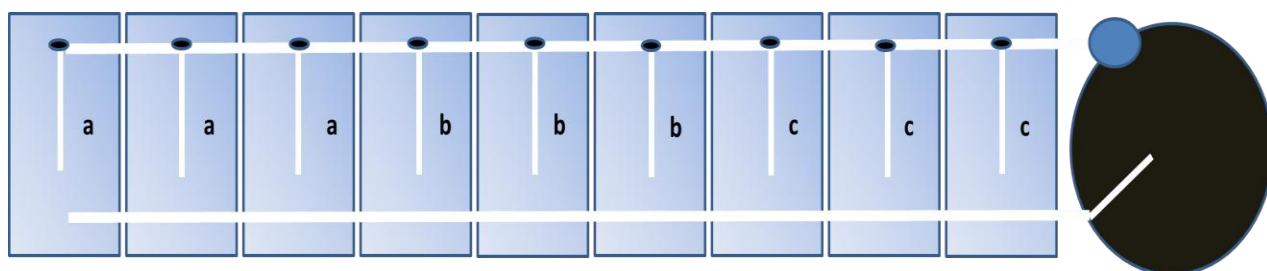


Figura 4. Sistema de cultivo en forma lineal con tratamientos triplicados

7.2 Obtención de las masas de huevos

Para obtener huevas de gran volumen y tamaño se tiene que tomar en cuenta los reproductores, tales como hembras de gran tamaño (con tallas mayores de 40mm) esto con la finalidad de que los machos tiendan a elegir hembras grandes (comportamiento del macho en el momento de la reproducción). Para tener resultados de reproducción todo el año se debe considerar dietas con un alto nivel de proteína (30 a 35% aproximadamente), así mismo suministro de calcio para que el rendimiento que se usa en el proceso de la puesta no se vea afectado en malformaciones, o decadencias en los individuos.

Para el proceso de cultivo, se capturaron 50 individuos con proporción de sexo 1:1. (25 machos y 25 hembras) con la finalidad de obtener masas de huevos dentro del laboratorio y obtención de juveniles con tallas iniciales promedio para los SA (sistemas de alimentación).

Para los meses que se requirió copula y puesta de masas, los caracoles no presentaron actividad reproductiva, se cree que el factor importante a la falta de copulación fue la temperatura que haya involucrado a esa conducta en los adultos. Por lo tanto se tuvo que ir por la colecta de huevas.

Las masas de huevas colocadas en los sistemas cultivo, fueron colectadas específicamente en la Laguna de Bacalar. Para esto se realizaron dos salidas al campo, donde se recolectaron alrededor de 7 masas de huevos por salida. A causas de mortalidad en la primera siembra se realizó la segunda salida. Una vez colectadas, para su transportación se colocaron en una caja forrada por dentro con plástico burbuja, para que no se maltrataran, ni se aplastaran en el transporte. Así mismo el total de las huevas colectadas fueron obtenidas en árboles o en algunos pastos acuáticos, ya que es mucho más fácil desprender las masas con el fin de no sufrir pérdidas de huevas o daño al desprenderlas de las ramas, ya que en el medio natural los caracoles tienden a poner sus huevas en diferentes superficies como rocas, ramas, troncos, paredes, postes etc. Por lo que

despegarlos en otras superficies llega a ser difícil y corren riesgo de ser dañadas por la dificultad de extracción.

Se realizaron registros del día de siembra y eclosión de las masas de huevas. Se procedió a realizar la primera medición (tamaño inicial de los individuos por cada masa de hueva sembrada) y se determinaron las UC con las dietas, dichas mediciones se realizaron escogiendo 20 individuos al azar dentro de cada SA.

7.3 Eclosión

La primera siembra fue realizada el 07 de octubre con huevas colectadas en el campo. En esta siembra se obtuvo una mortalidad total después de las 24 horas de los individuos por lo que se realizó una segunda colecta.

La segunda siembra se realizó el 28 octubre con eclosión el 2 de noviembre. Al momento de las eclosiones se hizo el conteo de los individuos por hueva Para esto se obtuvo un total de 412 individuos por las huevas colectadas.

7.4 Siembra

Se realizó la siembra aleatoriamente con las huevas colectadas seleccionando cuarenta individuos por cada pecera (esto dando la equivalencia de un individuo por litro) dando replicas totales de ciento veinte individuos por dieta y un total en el sistema de alimentación (SA) de trescientos sesenta individuos. Para cada siembra se procedió a medir y pesar los juveniles para tallas iniciales de eclosión.

7.5 Determinación de las dietas

Esto con la finalidad de obtener el ritmo de crecimiento y engorda con el aprovechamiento del alimento implementado. Se escogieron tres dietas, dos alimentos frescos y uno procesado, basándonos en estudios previos realizados con la especie. (Iriarte- Mendoza, 2007) las dietas fueron: chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), espinaca (*Spinacia oleracea*) y alimento para camarón (Camaronina inicial)

El alimento suministrado que se le dio fue de dos formas: 1) tipo periférica, que se realiza por las orillas de la pecera y se recomienda para el mejor aprovechamiento del alimento ya que los caracoles andan por las orillas de las peceras para su desplazamiento) y 2) uniforme (que consiste en repartir la comida por toda el área de la pecera este tipo de suministro es beneficioso para los juveniles menores de 20 mm que tienden a flotar con el pie extendido en la superficie del agua para su desplazamiento).

El experimento se realizó durante 7 meses de cultivo con suministro diario de alimento en cada sistema de alimentación.

Los tipos de alimento (TA) implementados en las UC fueron: hojas de chaya frescas (*Cnidoscopus chayamansa*) (dieta A), hojas de espinaca fresca (*Spinacia oleracea*) (dieta B) y Alimento de Camarón tipo hojuela y pelet (dieta C), en la Tabla 1 se presenta un análisis bromatológico del alimento proporcionado. Se usó un sistema de recirculación por triplicado (3 peceras por dieta).

La tasa de alimentación en las UC fue del 15% de la biomasa total de los individuos 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. La densidad de siembra fue de 1 ind/litros equivalente a 40 individuos por unidad de cultivo (UC) (Tabla 2).

Las hojas de chaya (dieta A) se enjuagaron para quitar restos de tierra e insectos, se les cortaba el tallo y parte de la orilla de la hoja donde se tiene la presencia de los pelos urticantes de la planta; posteriormente se picaba finamente durante las primeras 10 semanas y posterior a la semana 11 se cortaba con trozos más gruesos, para tener un consumo total y no dejaran sobras de comida que pudieran iniciar descomposición dentro del cultivo. El mismo procedimiento se siguió para la espinaca (dieta B), tomando en cuenta que la espinaca no cuenta con pelos urticantes. Para la dieta C, el alimento se proporcionaba sin modificaciones, para las primeras 10- 15 semanas se les proporcionó alimento tipo hojuela, y posteriormente tipo pelet de crecimiento.

Tabla 1. Valores proximales de los alimentos empleados en los tres sistemas de alimentación experimentales de la chivita *P. flagellata*.

Dietas	Proteína	Grasa	Humedad	Fibra	Ceniza
A. de Camarón	52%	12%	6%	6%	6%
espinaca	4.50%	0,2%	87%	1.80%	2,0%
Chaya	8.30%	0,4%	85%	1.9	2,2%

Tabla 2. Condiciones iniciales y resultados del cultivo experimental (*P. flagellata*) en tres sistemas de alimentación por unidad de cultivo

Variable	Tratamiento		
	a	B	C
Volumen de cultivo (litros)	40	40	40
Tasa de siembra (org/litros)	1	1	1
Número de crías sembradas	40	40	40
periodo de cultivo (variable)	210	210	210

7.6. Medición de parámetros

El registro de las variables se realizó semanalmente por las mañanas. La temperatura del agua (C°), pH, oxígeno disuelto (OD) (mg l⁻¹) fueron medidos en cada UC, los datos se registraron con un multianalizador de agua tipo sonda Horiba modelo U-52 previamente calibrado con base al manual de operación.

7.7. Biometrías

Semanalmente se realizaron mediciones de la longitud sifonal (LS); para los primeros meses se midieron por medio de un micrómetro calibrado en el microscopio (estereoscopio) y posteriormente con un Vernier con una precisión de 1mm (Fig.5 y 6). El peso de los individuos se realizó de una muestra tomada al azar de 10 caracoles por TA, utilizando una balanza analítica modelo HR-200 con 0,0001g de resolución y para el peso total con una balanza electrónica digital balanza digital Scout Pro con una precisión de 0,01 g, la importancia de tener los pesos totales por cada sistema de alimentación sirve de base para sacar los factores de conversión alimenticia y los porcentajes de alimento diario suministrado (Fig. 7). El registro de la mortalidad fue cada dos días, los organismos se contaron para determinar la mortalidad en cada SA y se llevó un control sobre la dietas, con esa misma frecuencia se realizó el sifoneo o la limpieza total de las peceras (cada 15 días). El reporte de la mortalidad total de individuos fue mensual.



Figura.5. Medición de los juveniles mediante vernier (foto por Rosa de Jesús)

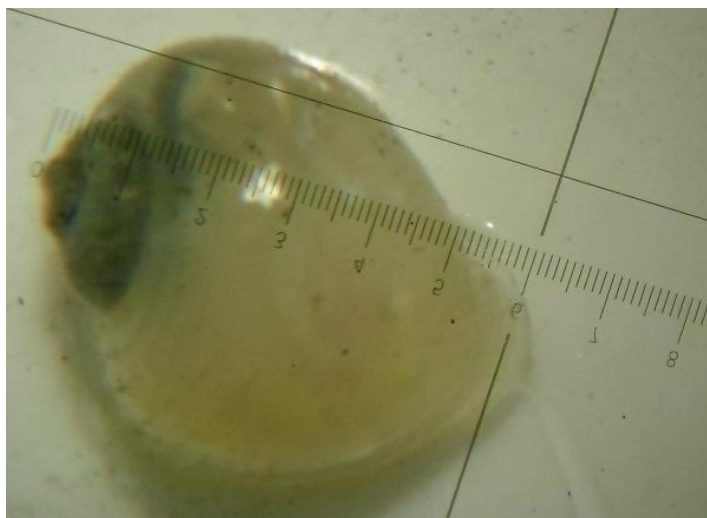


Figura 6. Medición de los juveniles mediante vernier calibrado en Estereoscopio
(foto tomada por Rosa de Jesús)

Semanalmente se realizó un conteo de los organismos para determinar la sobrevivencia en cada SA.

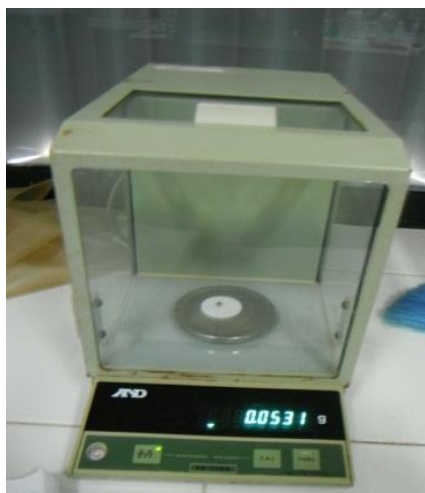


Figura 7. Balanza analítica HR-200 con precisión 0,0001g (foto tomada por Rosa de Jesús)

Se determinó la ganancia de peso (GP) y de talla (GT) en cada semana a través de la fórmula $GP (GT) = Pf (Tf) - Pi (Ti)$, donde Pf= peso final, Tf = talla final y Pi=peso inicial, Ti= talla inicial.

Sobrevivencia (S%): expresada en porcentaje total de organismos expresada semanalmente del cultivo dividido por los organismos al inicio por cien (Wootton, 1990):

$$S\% = (N_f/N_o) * 100$$

Donde S% = sobrevivencia

N_f = número de organismos finales

N_o = número de organismos iniciales

Se estimó el índice de conversión alimenticia (FCR o FCA) de acuerdo con lo establecido por You (2008):

$$FCR = [\text{el consumo de alimento seco (g)}] / [\text{el aumento de peso húmedo (g)}].$$

El crecimiento relativo de los organismos se determinó mediante la relación talla-peso de los individuos en cada uno de los tratamientos; mediante un análisis de regresión a través de la ecuación: $P_T = a * L^b$ (Ricker, 1975); donde a y b son parámetros de la curva. En este caso el parámetro b también es llamado coeficiente de alometría.

También se estimaron los parámetros de crecimiento mediante la ecuación de Von Bertalanffy estacionalizada: $L_t = L_\infty [1 - e^{-(K*(t-t_0)-(C*K/2\pi)*\text{sen}(2\pi*(t-SP)))]$. En donde L_t es la talla correspondiente a la edad t, L_∞ es la longitud asintótica, K es el parámetro de la curvatura (constante de crecimiento), t_0 es la edad a la longitud cero, C es la amplitud de la oscilación (crecimiento) y SP es el punto de verano ($WP = SP + 0.5$, punto de invierno). Para ello se consideraron los incrementos mensuales de tallas solo para los tratamientos de Chaya y Camaronina. Los parámetros de crecimiento se calcularon a través del método de Appeldoorn (1987) usando el paquete FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005). En los datos iniciales de entrada para el cálculo de los parámetros, se decidió fijar el valor de L_∞ en 55 mm porque esta fue la talla máxima observada en individuos de una población natural en la laguna de Bacalar; talla tomada de referencia para el cálculo de los datos, tomando en

cuenta que las tallas máximas durante el cultivo no refleja la talla adulta total de crecimiento de los caracoles, por lo que se obtendría error en los resultados (A. de Jesús-Navarrete, comunicación personal).

7.8. Parasitología

Al final del cultivo se seleccionaron 10 caracoles en diferentes estados, 5 adultos y 5 juveniles en diferentes tallas.

Se dejaron 24 horas sometidos a exposición de luz constante y poco alimento en un frasco cada uno con aireación. Después de estar a la exposición constante se retiraron del agua los caracoles y se observó el agua para ver presencia de tremátodos que tienden tendencia a fototactismo positivos por lo que es un método efectivo sin sacrificar individuos en el cultivo.

Al analizar las muestras de agua solo se encontraron protozoos, y parásitos de vida libre por lo que se decidió sacrificar a los 10 individuos para observar otro tipo de parásitos internos en el intestino del caracol o en la cavidad muscular del mismo.

Se dejaron 6 horas los 10 caracoles en el congelador a temperaturas de -4°C , posteriormente se realizaron cortes del músculo y se hizo la extracción del tracto digestivo se montaron las muestras para observarlas en el microscopio.

7.9. Costos de producción en el diseño de cultivo

La estimación de los costos constituye uno de los aspectos centrales del trabajo del evaluador, tanto por la importancia de ellos en la determinación de la rentabilidad del proyecto como la variedad de elementos sujetos a valorización como desembolsos del proyecto (Sagap- Chain, 2003).

Los cálculos económicos de inversión por la sustitución de instalaciones constituyen uno de los análisis más complejos en la consideración de costos relevantes, no tanto por los procedimientos empleados sino por la disponibilidad de la información adecuada (Sagap- Chain, 2003).

7.10. Análisis costo- volumen- utilidad

Conocido también como análisis del punto de equilibrio, muestra las relaciones básicas entre costos e ingresos para diferentes niveles de producción y ventas, asumiendo valores constantes de ingresos y costos dentro de intervalos razonables de operación. El resultado de la combinación de dichas variables es expresada por:

$$R = pq - vq - F$$

Donde **R** es la utilidad, **p** es el precio, **q** la cantidad producida y vendida, **v** el costo variable unitario o CVMe y **F** los costos fijos totales (Sagap- Chain, 2003).

Para determinar la cantidad de equilibrio (la que hace la utilidad o resultado igual a cero) se puede explicar la siguiente expresión derivada de la anterior:

$$q = F/P - V$$

7.11. Análisis estadístico de datos

Para comparar la talla media y el peso medio de los individuos entre los tres tratamientos en diferentes momentos del cultivo (inicio, semana 4, semana 16 y final), se empleó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, previa confirmación de no existencia de normalidad de los datos a través de una prueba de Kolmogorov-Smirnov.

La comparación de la ganancia de peso y de talla entre los tratamientos se realizó para dos momentos diferentes (a mitad del cultivo en la semana 16 y al final), a través de un ANOVA de una vía, previo a un análisis de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, 1953) y homogeneidad de varianzas (Levene, 1960). Cuando hubo diferencias significativas, los resultados del ANOVA fueron seguidos de una prueba de Tukey HSD *a posteriori*. Para determinar si existen diferencias en las tasas de sobrevivencia entre los tres tratamientos se realizó un ANOVA con una transformación de los datos $\arcsen(x)$ de los datos originales para cumplir con los supuestos del ANOVA.

Para analizar el crecimiento en longitud se realizó un análisis de regresión, probando diferentes modelos para seleccionar el de mejor ajuste basado en el coeficiente de determinación (R^2). La comparación de las curvas de crecimiento resultantes en cada tratamiento se realizó mediante una prueba t de Student mediante la siguiente ecuación $t = (b_1 - b_2) / S_{b_1 - b_2}$, donde b_1 y b_2 son las pendientes de las curvas a comparar y $S_{b_1 - b_2}$ es la diferencia entre los errores estándar de las pendientes (Zar, 1999). El valor obtenido fue comparado con el valor teórico de t obtenido de las tablas de distribución de t para un nivel de confianza de $\alpha=0.05$. De igual forma se procedió para comparar los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy.

El nivel de asociación entre la longitud y el peso de los individuos para cada tratamiento, fue determinado por el coeficiente de determinación (R^2). Se realizó una prueba t de Student para confirmar si el coeficiente de alometría de la relación longitud-peso es diferente del valor isométrico ($b=3$), mediante la siguiente fórmula $t = (b - 3) / S_b$, donde S_b es el error estándar de la pendiente b.

Para determinar si existieron diferencias de los parámetros ambientales (temperatura, pH y OD) entre los tres tratamientos, se realizó un ANOVA de una vía, previa comprobación de los requisitos de homocedasticidad y homogeneidad de varianzas. La relación entre las variables independientes (temperatura, pH y oxígeno disuelto) y las variables respuesta (sobrevivencia, ganancia de talla y ganancia de peso), se analizó mediante una prueba de correlación de rangos de Spearman (R_n). En todas las pruebas estadísticas se usó un nivel de significación del 5% ($\alpha=0.05$) y los análisis fueron realizados con el paquete estadístico STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., 2004).

8. RESULTADOS

8.1. Crecimiento

Al inicio del cultivo, a pesar de haber seleccionado los individuos al azar, se observó que los individuos expuestos al tratamiento de Espinaca tenían una talla y peso menores en comparación con los otros tratamientos (significativamente no presenta algún problema con los resultados pero se estimó para sacar dudas.). No obstante en la cuarta semana ya no existían diferencias en talla y peso entre los individuos expuestos a los tratamientos con Chaya y Espinaca, pero la talla y el peso de los individuos sometidos al tratamiento con Camaronina, fue significativamente mayor. Este comportamiento se mantuvo hasta la semana 16. Al final del experimento solo se compararon las tallas y pesos medios entre los caracoles de los tratamientos Chaya y Camaronina, debido a que en Espinaca la mortalidad fue total desde la semana 18. Al final del cultivo resultó que los individuos alimentados con Camaronina alcanzaron una talla media de 34.17 mm y un peso medio de 9.72 g, los cuales son significativamente mayores que los obtenidos para Chaya (Tabla 3).

Durante los primeros cuatro meses de cultivo (hasta la semana 16) no se observaron diferencias en la ganancia de talla entre los tres tratamientos aunque en Camaronina fue ligeramente mayor con una tasa de 0.81 mm/semana. Sin embargo con el tratamiento de Camaronina la ganancia en peso fue significativamente mayor durante este periodo (0.037 g/semana) con respecto a las otras dos restantes dietas (0.016 g/semana). Al final del experimento la ganancia en talla y en peso semanal entre los individuos alimentados con Chaya y los alimentados con Camaronina, no tuvo diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) (Tabla 04).

8.2. Supervivencia

Hasta la semana 16 del cultivo, la supervivencia fue de 45.8% para Chaya, 20% para Espinaca y 76.7% para Camaronina. Al final del cultivo la mayor supervivencia de los individuos fue en el tratamiento de Camaronina (55.8%), mientras que de los individuos alimentados con Chaya solo sobrevivió un tercio

(Fig. 8), existiendo diferencias significativas en las tasas de sobrevivencia ($p < 0.05$).

Tabla 3. Comparación de la talla y el peso (media \pm desviación estándar) entre los tres tipos de dietas, en diferentes momentos del cultivo. Las letras en la parte superior de los valores de la misma línea, indican las diferencias entre los resultados de las pruebas estadísticas: letras iguales no hay diferencias y letras diferentes de notan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tiempo	Variables	Chaya	Espinaca	Camaronina
Inicio	Talla (mm)	2.34 ^a (± 0.27)	2.17 ^b (± 0.28)	2.38 ^a (± 0.27)
	Peso (g)	0.0044 ^a (± 0.0014)	0.0040 ^b (± 0.001)	0.0045 ^a (± 0.0008)
Semana 4	Talla (mm)	4.22 ^a (± 0.29)	4.24 ^a (± 0.38)	4.74 ^b (± 0.49)
	Peso (g)	0.0233 ^a (± 0.0068)	0.0294 ^a (± 0.0399)	0.0326 ^b (± 0.0302)
Semana 16	Talla (mm)	11.77 ^a (± 0.19)	11.83 ^a (± 0.17)	14.44 ^b (± 0.24)
	Peso (g)	0.2135 ^a (± 0.0087)	0.2136 ^a (± 0.0072)	0.4418 ^b (± 0.0247)
Final	Talla (mm)	27.50 ^a (± 1.61)		34.17 ^b (± 2.10)
	Peso (g)	6.08 ^a (± 1.76)		9.72 ^b (± 2.06)

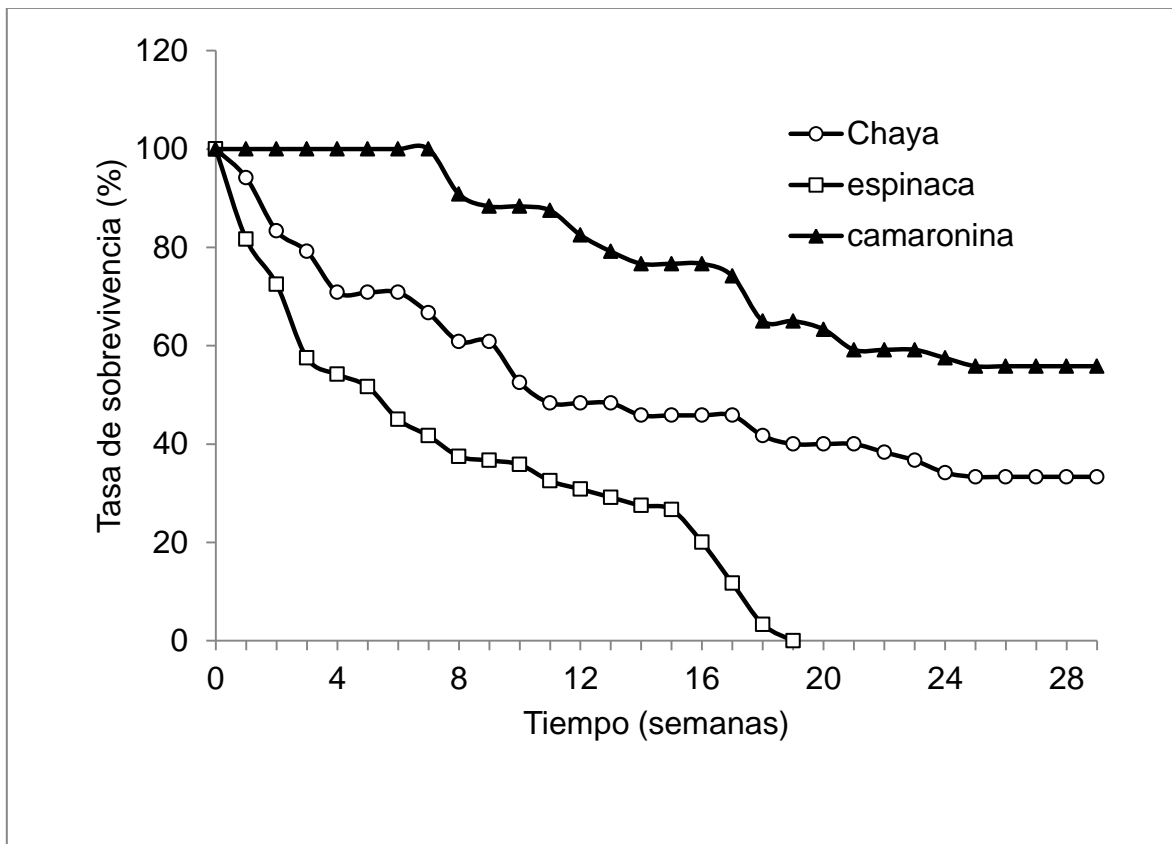


Figura 8. Curvas de sobrevivencia en los tratamientos con tres tipos de dietas.

En la figura 9 se representan las curvas de crecimiento en longitud de los individuos usando los tres tipos de dietas. Debe notarse que la curva correspondiente a Espinaca solo está hasta el momento en que la mortalidad fue total. El modelo que mejor se ajusta a estas curvas de crecimiento, es una función polinómica de tercer orden. Esto indica que el crecimiento fue estacional, teniendo un periodo de lento crecimiento entre las semanas 8 y 18, donde se observa que la pendiente de la curva es menos inclinada. De acuerdo a estas curvas y sus respectivas ecuaciones de ajuste, se observa que los individuos alimentados con Camaronina crecen más rápido y que no existen diferencias en el crecimiento para las primeras semanas, entre los caracoles alimentados con Chaya y los alimentados con Espinaca. ($p < 0.05$).

Tabla 4. Comparación de la ganancia de talla por semana y la ganancia de peso por semana (media \pm desviación estándar) entre los tres tipos de dietas, en diferentes momentos del cultivo. Las letras en la parte superior de los valores de la misma línea, indican los resultados de las pruebas estadísticas: letras iguales no hay diferencias y letras diferentes denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tiempo	VARIABLES	Chaya	Espinaca	Camaronina
Semana 16	GT (mm/semana)	0.64 ^a (± 0.30)	0.64 ^a (± 0.35)	0.81 ^a (± 0.63)
	GP (g/semana)	0.0163 ^a (± 0.0132)	0.0164 ^a (± 0.0118)	0.0368 ^b (± 0.0251)
Final	GT (mm/semana)	0.90 ^a (± 0.53)		1.13 ^a (± 0.81)
	GP (g/semana)	0.2251 ^a (± 0.4563)		0.3608 ^a (± 0.6412)

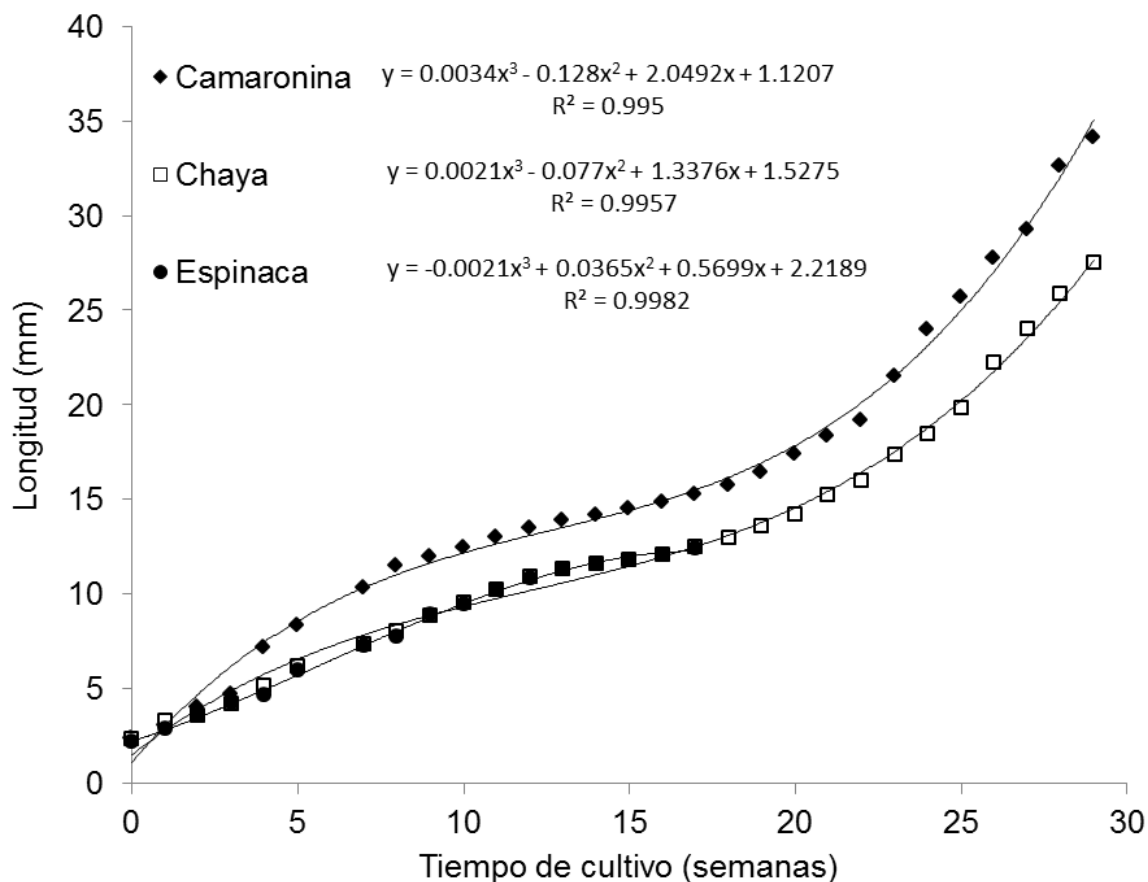


Figura 9. Curvas y ecuaciones de crecimiento de los individuos de *P. flagellata* sometidos a tres tipos de dietas.

La estimación de los parámetros de crecimiento usando el método de Appeldorn (1987) mediante el programa FISAT, se observa en la tabla 5. Debido a que en el tratamiento con Espinaca se observó una mortalidad total de los individuos y solo pudieron registrarse las tallas hasta menos de 15 mm, se decidió no incluir estos datos para calcular los parámetros de crecimiento. Por tanto solo se comparan los parámetros entre los tratamientos de Camaronina y Chaya. El crecimiento es muy rápido en los dos tratamientos, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre ambos valores de K ($p < 0.05$). Los valores de C indican que la

oscilación del crecimiento es relativamente alta, con las tasas más bajas del crecimiento ocurriendo entre las semanas 15 y 17 (WP = 5.3 – 5.5).

Tabla 5. Parámetros de crecimiento de la ecuación estacionalizada de Von Bertalanffy calculados para *Pomacea flagellata* con dos tipos de dietas. L_{∞} = longitud asintótica (mm); K = parámetro de la curvatura o constante de crecimiento (año^{-1}); e.s = error estándar; C = constante para la amplitud de la oscilación estacional del crecimiento; WP = momento del año de la tasa de crecimiento más baja; R^2 = coeficiente de regresión del modelo.

Tratamiento	L_{∞}	K	e.s de K	C	WP	R^2	ϕ'
Camaronina	55	2.41	2.91	0.85	0.55	0.66	3.86
Chaya	55	1.58	3.57	0.78	0.53	0.59	3.68

Las relaciones entre la longitud y el peso y sus respectivas ecuaciones para los tres tratamientos, se observa en la figura 11. La relación entre el peso y la longitud tiene una correlación estadísticamente significativa (Fig. 10; Tabla 6). La comparación entre las pendientes de las tres curvas indica que existen diferencias significativas en la proporción de la longitud con respecto al peso entre los tres tratamientos ($p < 0.05$). Por otra parte, las pendientes de las curvas reflejan que el crecimiento alométrico negativo en los tres casos (Tabla 6), indicando que los individuos ganan más en peso que en longitud durante su crecimiento.

Tabla 6. Crecimiento relativo de *Pomacea flagellata* cultivada con tres tipos de dietas. e.s = error estándar; *b* = coeficiente de alometría; * *P* < 0.05.

Tratamiento	N	Ecuación alométrica	Coeficiente de determinación (R^2)	e.s de <i>b</i>	Relación (Prueba <i>t</i>)
Camaronina	280	$P=0.0002L^{2.909}$	0.97*	0.029	Alométrico (-)
Chaya	277	$P=0.0003L^{2.859}$	0.96*	0.034	Alométrico (-)
Espinaca	160	$P=0.0006L^{2.402}$	0.99*	0.019	Alométrico (-)

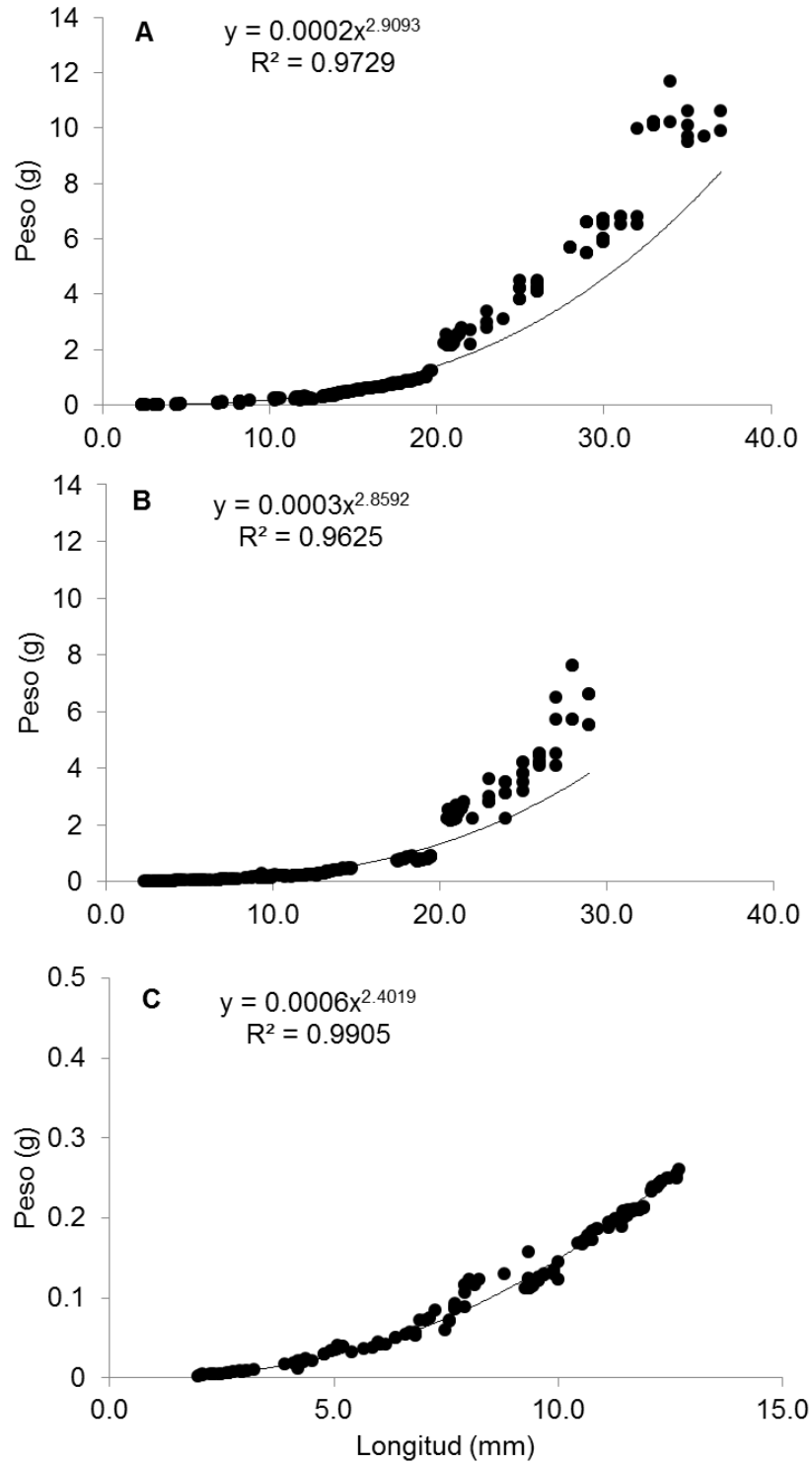


Figura 10. Relación longitud-peso y curva de regresión de *Pomacea flagellata* cultivada con tres tipos de dietas: A - Camaronina, B - Chaya y C - Espinaca. Nótese que los ejes en C tienen distinta proporción a los presentados en A y B.

8.3. Relación de los Factores Físico- Químicos en los SA

8.3.1. Temperatura

Los parámetros se tomaron constantemente cada 2 días durante los ocho meses de cultivo obteniendo rangos de temperatura de 19 a 26°C. Estas temperaturas fueron obtenidas en las muestras de agua con relación a temperatura ambiental.

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno.

En la figura 12 se observa el comportamiento de la temperatura del agua promedio durante todo el tiempo de cultivo de crecimiento y engorda, durante noviembre-enero se mantuvo por debajo del intervalo óptimo, mientras que para febrero- junio se mantuvo dentro del intervalo óptimo (24- 26°C). Se puede observar que la temperatura no tuvo variaciones significativas entre los tratamientos durante todo el periodo de cultivo.

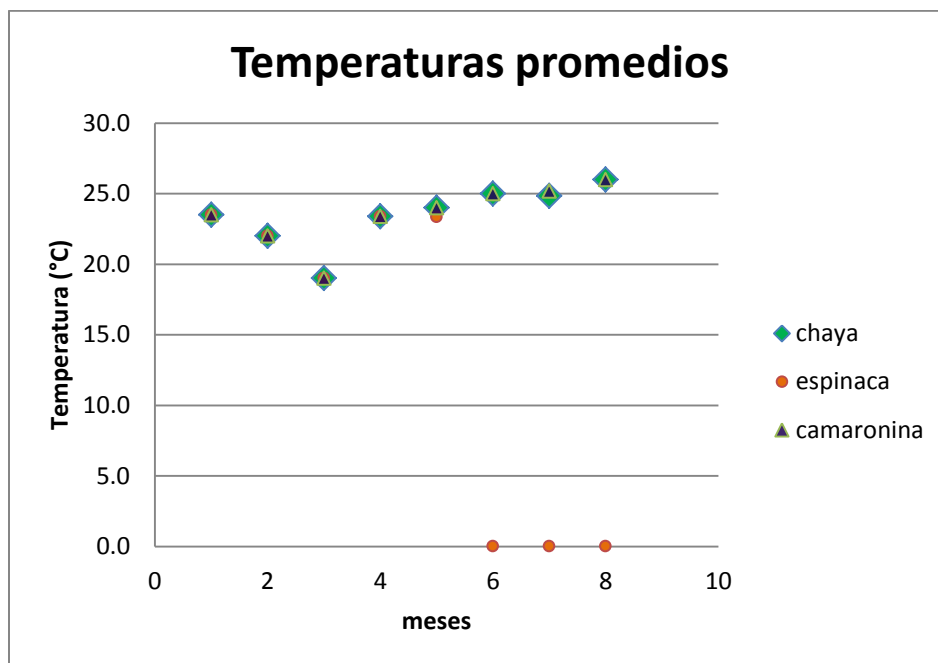


Figura 12. Comportamiento de la temperatura promedio del agua durante el periodo de cultivo. Correspondientes desde el mes de noviembre a junio 2013.

8.3.2. Oxígeno.

Los bajos niveles de oxígeno que se tuvieron durante el cultivo fueron valores arriba de 1; los valores de oxígeno Disuelto fueron similares entre sistemas de alimentación y no se tienen variaciones notables por dieta. Los valores de oxígeno bajos, puede producir mortalidad, afectar la tasa de crecimiento, aumentan la conversión del alimento, y en dados casos a disminuir la capacidad reproductiva.

8.3.3. pH

La chivita puede sobrevivir en pH de 6 a 10, pero el mejor rango para su cultivo debe de estar entre 7 y 8. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los caracoles, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y disminuyen el crecimiento, descalcificación.

Valores de pH cercanos a 5 podrían causar la muerte repentina del organismo por problemas en el metabolismo.

Por otro lado el pH en los cultivos varió significativamente, teniendo en el mes de noviembre la mayor concentración de pH en el cultivo de la dieta A y menor para la dieta C, en el mes de mayo ambas dietas presentan pH iguales; pero a comparación de la dieta A que en el mes de nortes presento pH más altos para secas son más bajos, (tabla 7 y fig. 13). Los promedios de los cultivos de pH están dentro de los rangos óptimos ya mencionados.

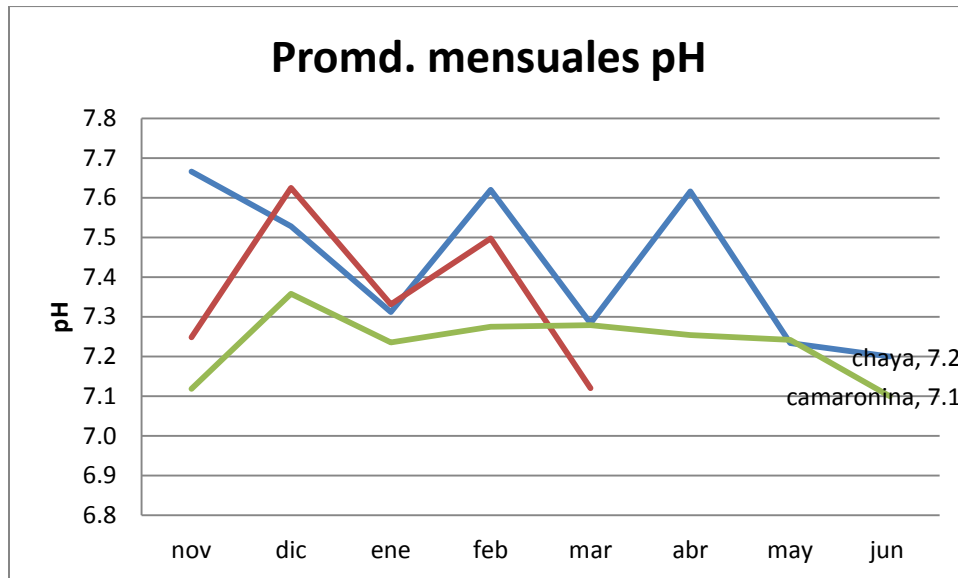


Fig. 13. Variaciones de pH del agua en los meses de cultivo, en las diferentes dietas.

Las variaciones que puede presentar el pH está relacionado con la variación de la temperatura es decir, que a temperaturas más altas el pH tiende a disminuir y son menos alcalinos las concentraciones de Hidrógeno; estas variaciones presentadas en la gráfica también se le puede atribuir al tipo de alimento suministrado, que en los cultivos son de importancia en la afectación de la concentración de pH dando resultados ya sea más ácida o más alcalina el agua.

Las variables físicas medidas durante el periodo de cultivo no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, excepto el pH que fue diferente entre Camaronina y Chaya ($p < 0.05$) (Tabla 8). De forma general la temperatura está un poco baja para los tratamientos oscilando entre 22-23°C pero estos resultados se deben a que el cultivo se comenzó a desarrollar durante el periodo de nortes o frentes fríos que es cuando las temperaturas son más bajas. El pH está dentro de los límites normales, sin embargo el oxígeno disuelto es bajo para todos los tratamientos. De las variables físicas, la temperatura fue la única que mostró correlación con la sobrevivencia, la ganancia de peso y la ganancia de talla (Tabla 7).

Tabla 7. Correlación de rangos de Spearman entre diferentes variables analizadas para cada uno de los tratamientos (dietas) y para todos los datos agrupados.

Tratamientos	Variables respuesta	Variables explicativas		
		Temperatura	pH	Oxígeno disuelto
Chaya	Sobrevivencia	-0.47*	0.08	-0.09
	Ganancia de peso	0.53*	0.01	-0.05
	Ganancia de talla	0.37	0.03	0.07
Espinaca	Sobrevivencia	0.19	-0.13	0.45
	Ganancia de peso	0.00	-0.07	0.19
	Ganancia de talla	-0.10	-0.06	-0.05
Camaronina	Sobrevivencia	-0.54*	0.07	-0.01
	Ganancia de peso	0.44*	0.06	-0.01
	Ganancia de talla	0.47*	0.02	-0.14
Todo agrupado	Sobrevivencia	-0.06	-0.12	0.17
	Ganancia de peso	0.42*	-0.08	0.10
	Ganancia de talla	0.35*	-0.04	0.02

Tabla 8. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua para los tres tratamientos durante el periodo de cultivo.

Variables	Chaya	Espinaca	Camaronina
Temperatura (°C)	23.3(±1.9)	22.4(±1.9)	23.3 (±1.9)
pH	7.45(±0.30) ^a	7.39(±0.31) ^{ab}	7.26 (±0.15) ^b
Oxígeno Disuelto (mg/l)	2.26(±0.37)	2.24(±0.28)	2.41(±0.28)

8.4. Madurez sexual de la Chivita y Reproducción en cautiverio

En el séptimo mes de cultivo los individuos en la dieta 1C se observó la primera puesta de huevo correspondiente al mes de mayo (día 27), los individuos que realizaron la reproducción tenían una talla promedio de 31.9 mm.

Se siguió el registro de cópulas y reproducción fuera del periodo de cultivo; para el 02 de Agosto se registró la primera cópula para la dieta 2C, con promedio de 34mm; para los individuos de la dieta A, la primera cópula se registró el día 19 de agosto con talla promedio de 35 mm, el total de registros hasta el mes de agosto fue un total de 13 masas ovíferas, correspondientes a la dieta 1C, y para la dieta 2C llegó a tener un registro total de 3 huevas; para la dieta A solo se obtuvo un único registro. Con estos resultados se muestra que el cultivo realizado cumplió un ciclo completo: desde la eclosión, crecimiento y reproducción, y puede observarse que el tipo de alimento posiblemente ayude a tener una madurez sexual más temprana, como sucedió con la Camaronina, que con Chaya, pero para esto se necesitaría realizar nuevas investigaciones sobre el alimento y la reproducción (ya sea la disposición de nutrientes en el alimento sobre el caracol), con cortes fisiológicos observando la madurez gonádica de los individuos en cultivo.

8.5. Proporción de sexos

La proporción de sexo presentado en los cultivos se realizó por observación de la presencia de saco peneal (en machos) y en hembras la abertura vaginal. Por lo que se obtuvo en la dieta A es una proporción de 1:3 (H:M) indicando que hay más machos que hembras para todo el sistema, para la dieta B, ninguno, por presencia de mortalidad total y para la dieta C en C1 es de 1:1 una proporción igual entre machos y hembras por lo que pudiera suponerse que favoreció a mayor presencia de cópulas, C2 es de 1:3 semejante a la de la dieta A.

Las tallas promedio que se tuvieron durante las cópulas fueron para la dieta A de 31 mm y para la dieta C de 33 mm.

8.6. Parasitología

El resultado obtenido fue que en el músculo del pie no se encontró ningún parásito, por lo que la carne que es la parte consumida del caracol está libre de contaminación que pudiera perjudicar el consumo del mismo. En el tracto digestivo solo se encontraron parásitos esenciales tales como quistes de amibas de vida libre que viven en el tracto digestivo que no son dañinos hacia las personas, no se encontró presencia de helmintos parásitos ni de Nemátodos que están reportados por Perera *et al*, 1996.

8.7. FCA factor de conversión Alimenticia

Se obtuvieron tallas considerables para 30 semanas de cultivo, con talla máxima de 39 mm de longitud sifonal para el tratamiento C, y 30 mm para el tratamiento A; con incrementos diarios de biomasa de 0.12 ± 0.011 g para C, 0.153 ± 0.024 g para B y de 0.082 ± 0.027 g para A; El factor de conversión alimenticia (FCA) para A, fue 0.222 ± 0.08 mm/día, para B de 0.189 ± 0.07 mm/día y para C de 0.67 ± 0.13 mm/día este valor ya obtenida con el FCA_{comp} realizada con la Dieta húmeda (tabla 9). Las tallas dentro del tratamiento C representan un crecimiento rápido, por lo que el aprovechamiento del alimento es favorable y adecuado, en comparación con las dietas A y B que presentan tallas menores.

Tabla 09. Resultados de FCA (Factor de conversión alimenticia) para las diferentes Dietas.

Variable	Dietas		
	A	b	C
FCA	0.24	0.189	0.606*
tasa de mortalidad	67%	100%	44%
ID	0.12	0.082	0.15

La biomasa promedio estimada por UC fue de 278.5 ± 26.83 g para el tratamiento A, no hay biomasa final en el tratamiento B y 600.96 ± 26.45 g para el tratamiento C y no hubo diferencias significativas entre tratamientos (MW $p > 0.05$).

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 fórmula propuesta por NICOVITA, (1997), aplicada a los datos mostrados en la Tabla 2:

$$FCA_{COMP} = FCA_{AH} \cdot (100 - HumedadAH) / (100 - HumedadAS)$$

Dónde:

- FCACOMP = Factor de conversión comparada
- FACA_H = Factor de conversión del alimento húmedo
- Humedad_{AH} = Humedad de alimento húmedo
- Humedad_{AS} = Humedad del alimento seco

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 FCACOMP del tratamiento C, no son comparables con aquellos cultivos de camarón (1,2:1), y de la tilapia (1,8:1) y no pueden considerarse dentro de los rangos productivos aceptables, en la conversión y comparación del alimento seco y alimento húmedo se obtuvo un

valor de 0.606:1 que entra en los valores adecuados mencionados por NICOVITA en cultivos de camarones: la T.C.A. varía durante el ciclo de producción y entre las poblaciones, pero es una guía muy buena y debería ser entre 0.6-1.0 en camarones de hasta 10 gramos de peso y entre 1.0 y 1.3 para tallas mayores. 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 más bajos que los aquí utilizados.

8.8. Análisis costo-beneficio

En el análisis costo-beneficio se consideraron: costos de infraestructura y costos de operación de los tres tratamientos. 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.

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 \$ 80 pesos, y se estimó un tiempo promedio diario requerido para la limpieza y mantenimiento para cada SA en 30 min por lo que el costo por limpieza y mantenimiento diario para cada UC fue de \$5,00.

El costo del alimento del tratamiento A (chaya) fue de \$ 4,95 por kg, y se requirieron 27,28 kg con un costo total de \$ 135,03. El costo del kilogramo de alimento para el tratamiento B (espinaca) fue de \$ 3,5 y se utilizaron 14,8 kg con un costo total de \$ 51,8. En el caso del tratamiento C (camaronina), el costo por kilogramo fue de \$ 18, 20 (costo de recolección por kg), y se requirieron 7 kg con un costo total de \$ 127,4. Los costos de infraestructura y operación por UC, fueron de \$ 297,01 para el tratamiento A, de \$ 298,53 para el tratamiento B y para el tratamiento C de \$ 313,74.

8.9. Costos de producción en el diseño de cultivo

El cálculo para la cantidad de equilibrio se observa en la tabla, en el cual se utilizaron costos fijos totales, precio y costo variable unitario para analizar la rentabilidad del sistema probado.

La cantidad de equilibrio (q) es la que hace la utilidad o resultado sea igual a cero, esto quiere decir que la cantidad de organismos totales, al día de la cosecha debió ser mayor a q (5000) lo cual no fue así, esto quiere decir que el trabajo en 210 días no fue rentable, porque la cantidad total de organismos cosechados fue de 110 y por lo tanto, se obtuvo pérdidas sin obtener ganancias. Como se muestra en el análisis de costo- volumen- utilidad el trabajo en 210 días no fue rentable tomando en cuenta que se requiere de mucho tiempo para poder obtener mejores utilidades.

8.10. Costos de producción en el diseño de cultivo para la engorda de Caracol “chivita

Se alcanzó una cantidad pequeña que queda por debajo del punto de equilibrio porque en el periodo de cultivo se vio afectado la siembra retardándose y llegando a periodos de nortes teniendo baja reproducción y temperaturas bajas que dañan la supervivencia en el cultivo, la mejor densidad de siembra de punto de equilibrio marca de 5000 individuos para los 7 meses de cultivo, por lo que estamos demasiado desfasados para alcanzar los puntos de equilibrio de cultivo.

Tabla. 10. Análisis para la cantidad de equilibrio (q) y los cálculos de costos fijos.

cantidad de equilibrio (q)		
Costos fijos totales	\$4,035.00	Unidades q = 110
precio/ kg	\$80	
Costo variable unitario	\$1.60	

costos fijos

concepto	cantidad	unidad	Pu	Subtotal
Peceras	9	Pza	\$60	\$540
Conectores	18	Pza	\$2.50	\$45
PVC tubo ½	6	Pza	\$105	\$630
polin de 3 m	4	Pza	\$100	\$400
manguera transparente	6	M	\$5	\$30
Tinaco	1	Pza	\$1,200	\$1,200
filtros	2	Pza	\$150	\$300
Bomba	1	Pza	\$890	\$890
				<u>\$4,035</u>
COSTOS VARIABLES				
fibras	10	Pza	\$2.5	\$25.0
Cepillo	1	Pza	\$12	\$12.0
alimento Vegetales	27.28	Kg	\$4.95	\$135.0
Alimento Pellet	7	Kg	\$18.20	\$127.4
mano de obra	1		\$945	\$945.0
				<u>\$1,244.4</u>
				costos totales
				\$5,279.44

En la tabla 10 se observa los costos totales que conformaron la estructura, teniendo un total de costos fijos de \$4,035.00 siendo los gastos más fuertes y \$1,244.00 de costos variables. Con el análisis de costos de producción, se pudo determinar la cantidad de equilibrio (la que hace a la utilidad o resultado igual a cero) (Sagap- Chain, 2003).

9. Discusión

El presente trabajo consistió de siete meses de cultivo para determinar el crecimiento y engorda de la chivita, en el cual se obtuvieron 30 semanas de biometrías que abarcaron del 02 de noviembre hasta el 02 junio con un total de siembra de 360 individuos, alimentados con tres diferentes dietas obteniendo así tallas promedios finales de 27.5 dieta A y 34.2 dieta C, teniendo una mortalidad total en la dieta B en el 50% del trabajo reportado.

En cada semana se contó el número de organismos en cada unidad de cultivo de cada tratamiento, para el análisis estadístico se tomaron los valores medios de las tres unidades de cultivo de cada tratamiento.

Aunque ha habido debate acerca de los hábitos alimenticios de las especies del Género *Pomacea*, ya sea fitófagos y en ocasiones omnívoros, los resultados confirman que estos caracoles aceptan varios tipos de dietas, tal y como lo señala Estebenet, (2002).

Los experimentos realizados por Santos (1999) demostraron que *P. patula* además de consumir vegetales como lechuga también aceptó dieta balanceada para Tilapia. Otras investigaciones de *P. lineata* mostraron dietas balanceadas de peces o ranas permitiendo el crecimiento adecuado de estos caracoles (Gongora *et al.* ,2004). En el presente experimento se encontró aceptación de alimento, vegetales tales como la Chaya, así como alimento balanceado para camarones. Brito-Manzano (2006) proporcionó Chaya como alimento en sus experimentos obteniendo resultados favorables sobre su aceptación, el cual fue referencia en la propuesta de nuestra investigación.

9.1. Crecimiento y engorda

Los valores registrados en el cultivo de *P. flagellata* con la dieta C (alimento para camarones) es similar a los reportados por Carreón *et al.* (2003), quienes informaron que en un período de 6 meses, los machos y las hembras de la

especie (*P. patula catamacensis*.) alcanzaron tamaños de 3,8 y 3,3 cm, respectivamente, en una dieta mixta de 40 % gelificado microalga *Scenedesmus incrassulatus* y el 60% de alimentación de truchas (40 % de proteína). Pero al mismo tiempo se podría estar con un mes de desfase en la comparación, pudiendo considerar que llega a estar baja al periodo de cosecha. Los resultados en los promedios finales, llegan a ser similares con *P. canaliculata* que presentó un crecimiento promedio final de 35mm, alimentados con macrofitas que sirve de comparación como alimento fresco como la chaya (Estebenet y Martín, 2002). Padilla *et al.*,(2002) obtuvieron en el cultivo de aprovechamiento del churo *P. maculata* tallas de cosecha de 50 mm con pesos de 48g estos alimentados con hojas de yuca y cáscara de plátano maduro, entre otras frutas, en un periodo de 6 meses de cultivo ,estos resultados están por arriba de los reportados en este trabajo. Los resultados obtenidos por Ruíz- Ramírez, (2005) con *P. patula*, indicaron tallas de $16.26\text{mm} \pm 2.36$ en 16 semanas de cultivo, que están por encima de los obtenidos en este experimento a la semana 16: ya que obtuvimos 11.77 mm para la dieta a base de chaya y 14.44mm para la dieta camaronina.

Con *P. bridgesii* se obtuvieron resultados con dietas artificiales obteniendo tallas 80 a 85 mm rangos mayores de talla con dieta de extrusión seca con la finalidad de obtención de su potencial de cultivo para su comercialización. En técnicas de depuración, García- Ulloa *et al.*, (2006) obtuvieron tallas de $53.42 \pm 4.74\text{mm}$ con variaciones de 46.04 hasta 67.48mm, estas variaciones son debido a que varios organismos pueden perder masa corporal por los procesos de depuración, como defensa y cambios al metabolismo. Todas estas comparaciones de tallas promedios en los cultivos quedan por arriba de las reportadas en nuestra investigación, esto pudiera ser la técnica utilizada para obtener la potencialidad dentro el cultivo así como la especie. En cultivo con diferentes densidades obtuvieron un mayor aumento del cuerpo mostrada por *P. bridgesii* en el período final, sobre los tratamientos, entre $5,2 \pm 0,61$ cm y $5,7 \pm 0,26$ cm de longitud en 16 semanas demostrando tallas considerables en poco tiempo, Alves *et al.*, (2006). Otra comparación con tallas de *P. bridgesii* (Bonavides *et al.*, 2012) reportaron que el tratamiento con mayor crecimiento promedio de la concha fue el del tanque de

asbesto con la densidad de siembra de 1 caracol por 6 litros de agua que obtuvo 40.07 mm de altura, 38.84 mm de diámetro y 29.88 mm de eje de la concha ($p < 0.05$).

En lo que se refiere a crecimiento y ganancia de peso de la chivita se encontró que los caracoles alimentados con Dieta C lograron resultados significativamente mayores ($p < 0,05$) a los observados en los caracoles alimentados bajo las dietas A y B, y aunque entre estos dos últimos no se reportan diferencias significativas ($p > 0,05$) los mejores resultados en crecimiento y ganancia de peso fueron conseguidos por la dieta A, ya que en el tratamiento B hubo una mortalidad total; estos datos no coinciden significativamente con los obtenidos por Iriarte y Mendoza, (2007) ya que no reporta mortalidades altas y las ganancias de peso son mayores con el tratamiento a base de chaya. El tratamiento C tuvo una menor talla promedio de cosecha ($13 \pm 0,33$; $14 \pm 4,10$; $p < 0,05$) que los tratamientos A y B (MWAB= $18 \pm 9,32$; $p = 0,16$; $18 \pm 13,6$; $p = 0,10$ 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*. Por ejemplo, Mendoza, (2002), encontró que en los sistemas de cultivo utilizados presentaron diferencias significativas con respecto al ILC ($F = 7,182$; $P = 0,037$) siendo mayor para los caracoles mantenidos en canaletas sin láminas comparando estos valores con los reportados en el trabajo obtenidos ($F = 27,51$; $P = 0,037$) y en este trabajo no presenta diferencias significativas al respecto.

El mejor desempeño en crecimiento sobre el incremento de longitud (IL) obtenido al utilizar proteína procesada (Dieta C) y alimento vegetal (dietas A, y B), destacando en particular la dieta C y seguido de la dieta A. Contrariamente, se apreció un menor desempeño al utilizar exclusivamente dieta B. Estos resultados concuerdan con los reportados para *Pomacea* los cuales, a pesar de ser considerados como típicamente herbívoros, alcanzaron un mayor crecimiento con una combinación de proteína animal y vegetal (Mendoza, 2002). Para el incremento de peso obtenido en el trabajo y comparándolo con Alves *et al.*,

(2006), reportando a las 16 semanas obtienen incrementos de peso de $22,3 \pm 1.80$ g en 15 org/l y 19.5 ± 1.61 g org/L con *P. lineata* y para *P. bridgesii* 37.2 ± 1.80 g en 30 org/l y $30,4 \pm 2.15$ g en 45 org/l. que son mayores a los obtenidos.

9.2. Reproducción

Como no se realizó estudios morfológicos e histológicos del sistema reproductor y solo se consideró en las tallas de la primera cópula en la reproducción, se puede considerar que la talla promedio en que el caracol es apto y previamente tenga su madurez ya sea temprana, media o total es de 31.9 mm Carreón, (2002) reportó las diferentes tallas de madurez sexual con *P. patula* con previos estudios histológicos gonadales encontrando una madurez sexual temprana a los 18.95 ± 1.95 al tercer mes, una maduración media en los meses 4 y 5 de $31, 5 \pm 1.05$ mm y una total a los 38 mm, comparando esos resultados se puede decir que el resultado de este trabajo podría estar en el patrón de madurez media en la primera copula.

Experimentos previos con el caracol *P. urceus* que tiene una manera específica de reproducción en el medio natural encontraron que el tiempo de incubación o tiempo de eclosión de los juveniles puede estar entre los 26 a 30 días con una tasa de eclosión promedio de 30 individuos; en nuestro cultivo el tiempo de incubación fue de 7 a 14 días. Se ha observado que el género *Pomacea* el factor principal que favorece la eclosión y sobrevivencia de juveniles durante el desarrollo es la humedad obteniendo eclosiones exitosas en las masas de huevos. Por lo que las mortalidades o problemas de eclosiones de las huevas pueden ser por varios factores tales como desecación, depredación por insectos (hormigas, arañas, etc), y por contaminación de hongos (Lum Kong y Kenny, 1989).

9.3. Sobrevivencia

La comparación de los resultados de este estudio con otras investigaciones de cultivo del Género *Pomacea*, están por debajo de sus reportes obtenidos, un ejemplo es con *P. bridgessii* obteniendo sobrevivencia al 100% a diferentes

temperaturas que están dentro de los rangos de los obtenidos en nuestro reporte (22-24°C), Santos, (2006). Con la misma especie se obtuvo una sobrevivencia del 90.8 % con ingesta de la película de Algas en las peceras, y 64.4% con comida triturada (Coelho, 2012). Mendoza, (2002) por otra parte reporta en el cultivo con diferentes dietas artificiales sobrevivencia del 100% en todos los tratamientos. Con *P. catemanencis* Vázquez *et al*, (2012) reportó sobrevivencias de 74% y 96% ± 6.12 con alimento de bagre pellet. Con *P. bridgesii* la sobrevivencias fueron mayores a comparación a la reportada en nuestros a resultados, con siembras de 30 ind obtuvieron una sobrevivencia del 96.7% ± 5.77 y para 40 org/L sobrevivencia final de 95.6 ± 3.85 , Alves *et al.*, (2006); y para *P. lineata* se reportaron sobrevivencias del 100% $\pm 0,00$, Alves *et al.*, (2006), estas comparaciones en estas dos especies fueron relacionadas con diferentes densidades. Para Ruiz- Ramírez *et al.*, (2005), obtiene una sobrevivencia del 84.72% alimentados con Cianobacterias *Calothrix sp.*, y 86.11% con alimento para carpa sin reportar comparaciones de parámetros del agua.

Nuestros resultados demuestran que las tres dietas utilizadas para el cultivo de *P. flagellata* son apetecibles para este organismo, pero la supervivencia y el crecimiento fueron diferentes entre los tratamientos. La mortalidad total de los caracoles tratados con hojas de espinacas frescas puede explicarse por la composición química de esta planta. *Spinacia oleracea* tiene un alto nivel de compuestos fenólicos que van desde 188 hasta 256 mg de equivalente de ácido gálico (GAE) (Pandjaitan *et al.* 2005), mientras que los compuestos fenólicos totales en el árbol de la espinaca *Cnidoscopus chayamansa* son aproximadamente 70 mg de GAE (Loarca-Piña *et al.*, 2010). Qiu *et al.* (2011) encontraron que una mayor concentración de fenólico tiene un efecto perjudicial sobre el crecimiento y la supervivencia de *P. canaliculata*.

Al parecer, en nuestro caso, la composición química de alimento fresco utilizado no afectó el crecimiento, ya que, hasta la mitad de la prueba, las tasas de crecimiento no fueron diferentes entre los dos tratamientos.

El ciclo de vida de los caracoles manzana se determina por la disponibilidad de alimento y de la temperatura del agua. A altas temperaturas y la abundancia de comida, algunas especies de caracoles manzana presentan un ciclo de vida muy corto y son reproductivas durante todo el año. A pesar de las condiciones, en los que los caracoles se enfrentan a la escasez de alimentos e incluso los períodos de sequía, los caracoles tienen ciclos de vida más largos cuando la reproducción se realiza en una temporada ya sea en primavera y principios del verano. (Rangel-Ruíz, 1988)

Se ha reportado presencia de parásitos en los caracoles del Género *Pomacea* ya que varios investigadores reportan que son hospederos intermediarios para algunos parásitos dañinos para el hombre; para los caracoles analizados y estudiados del cultivo no tuvieron análisis positivos en la presencia de parásitos dañinos para realizar el consumo propio del individuo, los parásitos presentes en los intestinos del animal son amibas esenciales descomponedores que no son perjudiciales para el hombre, en cambio Perera (2003) reporta para *P. paludosa* tener presencia de *Schistosomas*.

9.4. Parámetros

Bien se sabe que los factores en el agua dulce son limitados ya que hay escasa información sobre dichos estudios (Watson- Ormerod, 2004) por lo que ha recibido poca evaluación cuantitativa sobre el pH y Calcio en los gasterópodos dulceacuícolas. Sin embargo, se han reportado algunas asociaciones generales entre la química del agua y la distribución y abundancia de caracoles *Pomacea* por ejemplo Martin *et al* (2001) describieron los hábitats de *Pomacea canaliculata* encontrando un promedio de 29.8 mg Ca²⁺/l comparado con caracoles que no habitan en ese hábitat con 14.8 mg/l (pH>8 en todos los sitios).

La temperatura, pH y Oxígeno Disuelto son variables importantes para el desarrollo exitoso de los cultivos en los diferentes organismos a sembrar. En los caracoles, estos factores pueden afectar al crecimiento y sobrevivencia de la

especie, la relación significativa ($p < 0.05$) del pH y la temperatura se puede notar en las figuras (12 y 13) donde el incremento de la temperatura se observa la ligera disminución del pH, en caso de dietas por vegetales estos valores variaron, ligeramente por lo que al aumentar la temperatura el pH se hace menos alcalino, pudiendo afectar al crecimiento y presentar erosión de la concha, Glass y Darby (2008), mencionan estos factores y sus afectaciones de los efectos del Calcio y pH con *P. paludosa* obteniendo resultados sobre problemas de concha en los caracoles con pH menores de 6 y teniendo crecimiento lento de los individuos con valores de pH ($4.60 - 4.70 \pm 1.8$).

La Chivita puede vivir a bajos niveles de oxígeno, pero el rango óptimo de oxígeno para el su mejor crecimiento debe de estar sobre los 4.5 mg / l (Glass y Darby, 2009).

En los resultados de temperatura y la correlación que se presentó con la sobrevivencia determina que las temperaturas bajas afectan tanto en el crecimiento de peso y talla de los individuos así como en la sobrevivencia, estos valores comparados con el trabajo Santos y Meyer (1999), presentan que la sobrevivencia es alta y las correlaciones realizadas en la temperatura solo fueron significativas en temperaturas arriba de los 28°C. lo cual en los rangos presentados en nuestro trabajo y comparados con Santos y Meyer en los rangos de 24- 26°C la mortalidad solo fue para este último presentando 8.7% que es relativamente bajo a los presentados en el nuestro. Los estudios realizados por Santos mencionan que el crecimiento y la temperatura están relacionados y se ven afectados al desarrollo. Este mismo menciona que la temperatura en donde el crecimiento es más alto es a 32°C y que esas tendencias no varían mucho a temperaturas de 28° pero si se ven afectados a temperaturas de 24°C. Así mencionando que la temperatura óptima de cultivo donde no se vería afectado el crecimiento y la mortalidad es a 28°C (Santos 1999).

Reportes de mortalidad con diferentes niveles de pH fueron demostrados con *P. insularum* que en pH < 7.0 tuvieron mortalidades arriba del 80% y > 7.0 presentaron un porcentaje de mortalidad de 6.7% en 28 días de experimento. Lo cual en este o

trabajo no se presentó correlación con las mortalidades de los individuos de acuerdo al pH y Oxígeno disuelto. Alves *et al.*, (2006) reportan que durante las 16 semanas de cultivo el pH está en los rangos comparativos de nuestro cultivo reportando, para *P. bridgesii* 7.62 ± 0.16 y para *P. lineata* 7.64 ± 0.19 . El Oxígeno disuelto es ligeramente más alto a comparación de los reportados en el trabajo realizado, 3.77 ± 0.65 mg/L. con temperaturas de 28.39°C que están en el rango óptimo de cultivo.

9.5. Comparaciones FCA

Al realizar las conversiones del alimento obtuvimos resultados bajos en los alimentos húmedos por lo que las comparaciones con Iriarte (2006) y Mendoza (2002) podemos resaltar que estamos por debajo de sus resultados 1,35:1. Así mismo los reportados por Alves *et al.*, (2006) con *P. lineata* y *P. bridgesii* que reportan una biomasa de 111.3 ± 9.00 y seguidamente de 436.5 ± 37.37 con un FCA de 0.86 :1 para *P. lineata* y de 0.76:1 para *P. bridgesii*, estos dos alimentados con pellet de Camaronina. Comparándolos con nuestros resultados que son de 0.22:1 por lo que no es comparable entre los rangos de alimento seco de .67: 1 que es a base de Camaronina. Nicovita (1997) donde menciona que la T.C.A. varía durante el ciclo de producción y entre las poblaciones, pero es una guía muy buena y debería ser entre 0.6-1.0 en camarones de hasta 10 gramos de peso. Por lo que pudiéramos comparar que en gramos <10 estaríamos en los rangos adecuados de comparación y que para Chaya y Espinaca no se ajustarían o los porcentajes proporcionados no son los adecuados en el cultivo ya que el crecimiento obtenido en Chaya si alcanzaron tallas promedio de comercialización, pero la mortalidad no fue favorable, las comparaciones de la proporción de alimento en costos son óptimos en Chaya ya que son bajos, a diferencia de los costos de inversión en el alimento de Camaronina.

Para el caso de los costos de producción fueron 9 peceras que tienen un tiempo de vida de 5 años de vida útil aproximadamente, en donde se sembraron solo 40 individuos por pecera de los cuales se obtuvieron 110 ejemplares de cosecha con

una sobrevivencia total de 31% y una tasa de mortalidad del 69% durante todo el cultivo.

La cantidad de equilibrio (q) es la que hace que la utilidad o resultado sea igual a cero, esto quiere decir que la cantidad de organismos totales el día de la cosecha debió ser mayor a q , esto significa que en 7 meses de cultivo para ser rentable se necesita una cantidad mínima de 5000 individuos por lo tanto se obtuvieron pérdidas en el proceso de cultivo.

Por lo tanto pudiéramos resaltar que en el análisis de costo- volumen-utilidad, el trabajo en 210 días no fue rentable tomando en cuenta que la siembra son menores y que se requiere más tiempo para recuperar esta rentabilidad y más capacidad de siembra en el cultivo. Por tal motivo la tasa de recuperación de la inversión se realizaría o reflejaría después del tercer año de cultivo, con nuevas planeaciones de cultivo para mejores resultados de cosecha.

Para que se llegue a planear una reducción de los costos de producción y tener a rentabilidad en los cultivos de caracol, es necesario el empleo de cultivo en cuerpos de aguas, ya sea dentro de las lagunas o ríos, por medio de jaulas, con la garantía que los costos serían totalmente reducidos y la cantidad de cosecha serian igual o más favorables que en cultivos semi-intensivos con estanques o tinas.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones ambientales fueron significativamente diferentes entre los meses, y se observó que la temperatura sí tuvo relación con las mortalidades con los caracoles, con las dietas A y C; el Oxígeno estuvo bajo para todos los tratamientos por lo que hay que idear nuevas técnicas de aireación en cultivos futuros.

En general podemos concluir que el cultivo experimental propuesto para los tres SA es válido para la producción de *P. flagellata* y todos ellos pueden ser adaptados a diferentes escenarios de acuerdo a las necesidades de producción; sin embargo el uso de la Espinaca como alimento no es recomendable debido a las altas mortalidades que se registraron. Al inicio del cultivo el uso de alimento para camarón permite un crecimiento más rápido y asegura una mayor sobrevivencia de los individuos, mientras, a partir de los cuatro meses se puede emplear para la alimentación a la Chaya en lugar del alimento de camarón y los resultados en el crecimiento de los individuos no serán significativamente diferentes con respecto al uso de Camaronina; esto permitirá además, que se disminuyan los costos de producción, o en su caso implementar alimento mixto.

Es importante mencionar que los resultados previos del cultivo pueden ser mejorados mediante el ajuste de algunos factores como la densidad de cultivo, y la utilización de los alimentos suministrados en dietas mixtas para la optimización en el rendimiento del cultivo de la chivita. Por otra parte es importante tener en cuenta que las bajas temperaturas pueden afectar la sobrevivencia y el crecimiento de los individuos, por tanto se recomienda tomar medidas para que las unidades de cultivo no presenten alteraciones significativas de la temperatura del agua durante el cultivo de la especie.

Según las condiciones en que se realizó la investigación, se obtuvieron pérdidas económicas, por lo que 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.

Es recomendable 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.

Algunos resultados importantes emergen de este trabajo. Primero, es posible realizar nuevos experimentos y plan de manejo sobre el cultivo de la chivita que albergue investigadores y los administradores de recursos naturales trabajando juntos para desarrollar un buen plan de manejo mutuamente aceptable, que estén basadas en el conocimiento científico y que sean ambientalmente respetuosas. Segundo, que el manejo del proceso de cultivo (biometrías y limpieza) se innove nuevos métodos y nuevos manejos en el trabajo para reducir las mortalidades, como seguir investigaciones sobre el pH y calcio; como lo afirma Herrera (1996), en la que menciona que en la capa calcárea más externa de la concha de los caracoles se deposita el mineral (calcio) en forma de cristales verticales, envueltos por una delgada matriz proteica; el carbonato de calcio (material orgánico) el cual constituye el 33 % del peso seco de la concha; en su investigación obtuvo como resultado que la aplicación de carbonato de calcio en el agua en una dosis de 500 mg/lit se obtiene mayor talla individual de 100.66 mm en un periodo de 120 días.

10.1. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

Las siguientes recomendaciones son para trabajos futuros que sean dentro del Estado con el cultivo de la “Chivita”.

En primer plano plantear nuevos temas de cultivo que favorezcan el conocimiento y manejo de cultivo. Así como el ampliar la visión de cultivo en sitios como arroyos o dentro de las Lagunas (ya sea la Laguna de Bacalar o Laguna Guerrero) que ayudarían a la reducción notable de los costos y disminuir sumamente el impacto al ambiente como se ha reportado con *P. maculata* (Padilla, 2002) que reportó buen aprovechamiento del “churo” en cultivo para el aprovechamiento en comunidades indígenas.

Se sugiere determinar más a fondo estudios sobre la calidad del agua, y agregar estudios sobre los niveles de amonio en el agua con los residuos del alimento.

También realizar estudios bacteriológicos del agua (Determinación de número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales). Seguir investigaciones sobre la reproducción de la especie en cultivo y la afectación de la disminución de falta de Ca en el cultivo.

Fomentar más el uso de la acuicultura, siempre y cuando los costos y el cuidado del ambiente no sean altos. Así como utilizar la investigación para el mejor aprovechamiento de las especies sin dañar sus medios naturales.

La gran mayoría de los moluscos dulceacuícolas sirven de hospederos intermediarios a parásitos que afectan, tanto al hombre como a los animales, se han estudiado escasamente en nuestro país, sobre todo desde el punto de vista biológico y ecológico, lo cual lamentablemente es extensivo también a la malacofauna terrestre. Por lo que se recomendaría realizar estudios parasitológicos sobre los caracoles dulceacuícolas en nuestro estado y la península para tener un conocimiento de investigación sobre el consumo de estos caracoles.

11. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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.

Alcántara, F.; N. Nakagawa, y E. Zamora, (1996). Características del desove del churo *Pomacea maculata*, en ambiente controlado. En: Foli Arreguín E. R. 2004. Aislamiento y caracterización de lectinas provenientes de *Pomacea flagellata*. Instituto de Química, UNAM.

Arrébola, J. R. y R. M. Álvarez, 2001 La explotación de los caracoles terrestres en España: aspectos ecológicos y socioculturales. *Temas de Antropología aragonesa*, No.11 (2011): 139-172pp.

Baqueiro, C. E. R. 1984. Programa nacional de almeja y caracol, primera reunión de la Malacología y conquiología, La Paz, Baja California. Área interdisciplinaria de Ciencias del Mar. U.A.B.C.S. 97 pp.

Baqueiro Cárdenas, E. 1994. Moluscos de México con importancia comercial y sus usos, p. 25-31. La situación actual de la Malacología Médica y Aplicada en América Latina (Capítulo Mexicano de la Sociedad Internacional de Malacología Médica y Aplicada), 78 pp.

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 pp.

Burlakova, L.E., A.Y. Karatayev, Padilla, D.K., L.D. Cartwright, & Hollas, D.N. 2009. Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. *Restoration Ecology*, 17: 433–440.

Chaves, E, A. 1987. Captura óptima y modelos de evaluación de recursos pesqueros, en Gómez A. S. y V. F. Arenas. Contribuciones en hidrobiología, U.N.A.M. México. 27- 36

Carreón L, Palau E, Uria G, , Espinosa F, Martínez F. Desarrollo morfológico e histológico del sistema reproductor de *Pomacea patula catemacensis* (Baker 1922) (Mollusca, Caenogastropoda: Ampullariidae). Revista chilena de historia natural 76: 665-680, 2003.

Carreón Palau, L. 1998. Desarrollo del aparato reproductor del caracol (tegogolo) *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922) (Mesogastropoda: Ampullariidae). Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. 63 p.

Carreón Palau, L. 1999. Desarrollo del aparato reproductor del caracol tegogolo *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922) (Mesogastropoda: Ampullariidae). IV Congreso Latinoamericano de Malacología y III Encuentro Nacional de Investigadores en Malacología de Chile Coquimbo, Chile. 6 –10 septiembre, págs. 86-88.

Cazzaniga, N. J. 2002. Workshop: “Biology of Ampullariidae” Old species and new concepts in the taxonomy *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). Biocell, 26(1): 71-81.

Coelho A.R. A, Calado J. P and Dinis T. M. (2012). Freshwater snail *Pomacea bridgesii* (Gastropoda: Ampullariidae), life history traits and aquaculture potential. Bioflux, Vol 5 Issue 3 pp 168- 181.

CONANP (2004). Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas (borrador) SEMARNAT, México. 248 pp

Cowie, R.H. (2005). Apple snails (Ampullariidae) as agriculture pests: their biology, impacts and management. In “Molluscs as Crop Pests”. (Ed. M. Barker) pp. 145-192. (CABI publishing: Wallingford, UK.)

Estebenet A. L., and Cazzaniga, N.J. (2002) Growth and demography of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) under laboratory conditions. *Malacological review* 25, 1-12.

Estebenet A.L. & Martin P.R. (2002) *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): life-history traits and their plasticity. *Biocell*, 26, 83–89.

Glass N. and Darby P. The effect of calcium and pH on Florida apple snail, *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae), shell growth and crush weight. *Aquat Ecol* 43:1085–1093, 2009.

Hayes, K. y 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.

Hopkins, D.K. (1992). Reporting fish growth: A review of the basics 1. *J World Aquacult. Soc.* 23:173-179.

Lum Kong, A., 1989. The potential of *Pomacea urceus* as a culture species in Trinidad. BCPC Monograph. No. 41; Slugs and snails in world agriculture.

Lum Kong, A., Kenny, J.S., (1989). The reproductive biology of the ampullariid snail *Pomacea urceus* (Muller). *Journal of Molluscan Studies* 55, 53– 65

Martin PR, Estebenet AL, Cazzaniga NJ (2001) Factors affecting the distribution of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) along its southernmost natural limit. *Malacologia* 43(1–2):13–23

Morães, R.; Ali, Q.; Veiga, R.M. (1981). Criação intensiva de *Pomacea* sp. (Mollusca, Pilidae, Connaly, 1927) (Ampullariidae, Gray, 1824). *Rev. Bot.* 1:45-50

Naranjo-García E. and A. García-Cubas. 1986. Algunas consideraciones sobre el género *Pomacea* (Gastropoda: Pilidae) en México y Centroamérica. *Anales del*

Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 56 (1985), Serie Zoología: 603-606.

Naranjo, G. E. 2003. Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. Revista de Biología Tropical, 5(3): 495-505.

Pain, T. 1960. Pomacea (Ampullaridae) of the Amazon River System. En: Journal of Conchology. Vol. 24 No 12.

Perera G. 1990. Determinación de larvas de *Angiostrongylus cantonensis* en moluscos infestados. En IPK- Control de Vectores informa [Material mimenografiado]. La Habana. No. 24.

Perera, G. y Walls, J. G. 1996. Apple snails in the aquarium. T. F. H. Publications Inc. Neptune City, New Jersey. 121 p

Posch H., Garr A.L, Pierce R., Davis M. (2011). The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. Aquaculture. 311

Posch H., Garr A.L, Pierce R., Davis M. (2012). The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. Aquaculture 360- 361.

Ramnarine I. W. 2003. Induction of spawning and artificial incubation of eggs in the edible snail *Pomacea urceus* (Muller). Aquaculture. 215 pp 163-166

Rangel-Ruiz, L. J. 1988. Estudio morfológico de *Pomacea flagellata* Say, 1827 (Gastropoda: Ampullaridae) y algunas consideraciones sobre su taxonomía y distribución geográfica en México. An. Inst. Biol.. Univ. Nal. Autón. Méx. Ser. zool. 58(1)21-34.

Rangel-Ruiz, L. J., Gamboa, A. J. y Medina. R. U. 2003. *Pomacea flagellata* (Say, 1827) Un gigante desconocido en México. Kuxulkab' Revista de Divulgación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 9(7): 5-9

Rodríguez R.F. (2004). Recursos malacológicos de México de interés biotecnológico. III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2004.

Rodríguez, G.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.

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.

Sagap- chain, N. y R. Sagap- Chain. 2003. Preparación y evaluación de proyectos. Cuarta edición. Edit. MCGraw- Hill Interamericana. 425pp.

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.

Tamaru C.S., Ako H. & Tamaru C.T.C. (2005) Control of the apple snail, *Pomacea canaliculata* in Hawaii: challenge or opportunity. In: Global Advances in Ecology and Management of Golden Apple Snails (Eds R.C. Joshi & L.S. Sebastian), pp. 459–473. Philippine Rice Research Institute, Nueva Ecija.

Vázquez Silva G., Castro Barrera T., Castro Mejía and Mendoza Martínez.(2012) Effect commercial diets on growth, survival and chemical composition of the edible freshwater snail *Pomacea patula catemacensis*. Journal of Agricultural Technology. Vol. 8(6): 1901-1912.

Villacorta C., Marle. 1976. Algunas consideraciones del "churo", *Pomacea maculata*, Perry. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Programa Académico de Biomédicas.

Vilsee C.A 1971 biología Ed. Interamericana 6ª. Edición. México D.F pp 243-4.

Watson AM, Ormerod SJ (2004) The distribution of three uncommon freshwater gastropods in drainage ditches of British grazing marshes. *Biol Conserv* 118:455–466. doi:10.1016/j.biocon.2003.09.021

Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. – Fish and fisheries Series I, London: Chapman and Hall

Ying Wu, Yu-Ting Wu, Min-Ching Li, Yuh-Wen Chiu, Ming-Yie Liu, and Li-Lian Liu (2011). Reproduction and Juvenile Growth of the Invasive Apple Snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. *Zoological Studies* 50(1): 61-68

You, K., Ma, C., Gao, H., Li, F., Zhang, M., Qiu, Y. and Wang, B. (2008). Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chin. J Oceanol. Limn.* 26:263-267.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis* (4th. ed.). Prentice-Hall, Nueva Jersey, EEUU.

12. ANEXOS



Fig. 14. Dimorfismo en la coloración de la concha en los caracoles del genero *Pomacea*



Fig.15. Caracol Adulto vista del pie en la superficie del agua. (Modo de desplazamiento)

**CICLO DE VIDA DEL
CARACOL *Pomacea flagellata*
EN CAUTIVERIO**

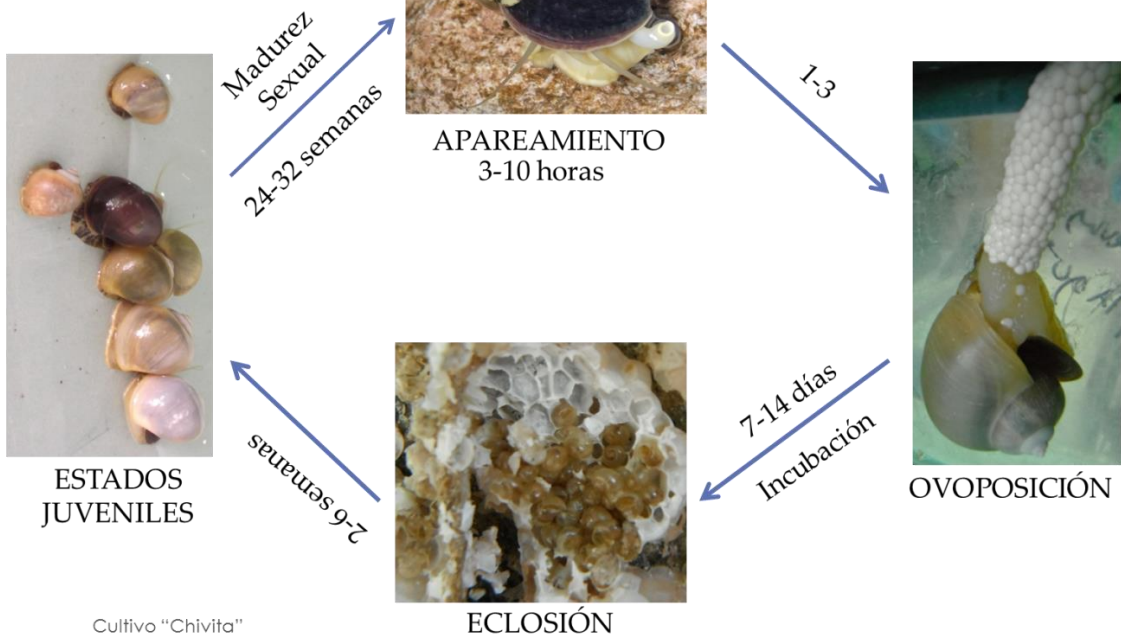


Fig. 16 ciclo de vida esquematizado durante los meses de cultivo obtenidos con la dieta C (camaronina)

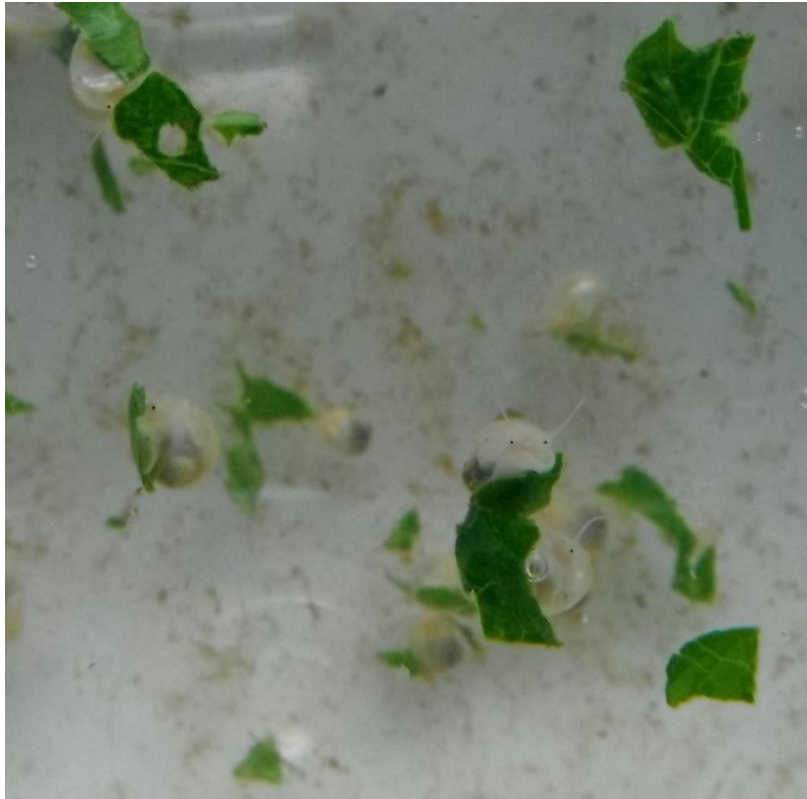


Fig. 17. Juveniles alimentándose de la dieta A (chaya)



Fig. 18. Puesta de la masa de huevos con sus diferentes coloraciones, recién puesta y 4 días después