

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias
Escuela de Biología

**COMPOSICIÓN BIOMÉTRICA DE *ANODONTITES*
TRAPESIALIS (BIVALVIA: MYCETOPODIDAE) EN CAÑO
NEGRO, COSTA RICA Y ALGUNOS FACTORES QUE
INTERVIENEN PARA SU CULTIVO**

**TESIS SOMETIDA A CONSIDERACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR DE LA
ESCUELA DE BIOLOGÍA PARA OPTAR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
BIOLOGÍA**

**CARLOS VILLALOBOS MASÍS
2005
CAMPUS RODRIGO FACIO**

TRIBUNAL EXAMINADOR

**COMPOSICIÓN BIOMÉTRICA DE *ANODONTITES TRAPESIALIS*
(BIVALVIA: MYCETOPODIDAE) EN CAÑO NEGRO, COSTA RICA Y
ALGUNOS FACTORES QUE INTERVIENEN PARA SU CULTIVO**

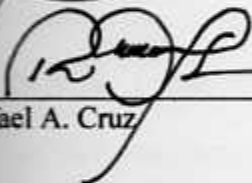
**TESIS SOMETIDA A CONSIDERACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

Aprobada



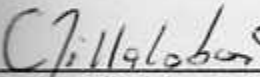
Dr. Álvaro Morales Ramírez

Director de Tesis



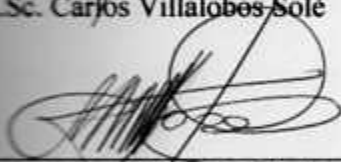
Lic. Rafael A. Cruz

Miembro Tribunal



M.Sc. Carlos Villalobos Solé

Miembro Tribunal



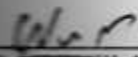
Licda. Myrna I. Lopez Sánchez

Miembro Tribunal



Dra. Virginia Solís

Directora Escuela Biología



Carlos Villalobos Masís

Sustentante

DEDICATORIA

A mis padres: Carlos Villalobos Solé y María

Elena Masís Sanabria por creer en mí, a mi esposa,

Marta, a mis hijos, y especialmente a Dios, por

darme una segunda oportunidad para vivir

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alvaro Morales Ramírez el haber aceptado la dirección de este trabajo, brindando siempre su oportuno apoyo.

Al M.Sc. Carlos Villalobos Solé su valiosa colaboración en este trabajo tanto en la revisión y comentarios así como en el transporte y trabajo en la Estación Los Diamantes.

Al Lic. Rafael Cruz su colaboración tanto en la revisión, comentarios así como en la Estación Los Diamantes.

Al M.Sc. Gerardo Umaña, Director del Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) por el préstamo de equipo e instalaciones para analizar las muestras.

Al M.Sc. Daniel Briceño Lobo, Director de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR) por el préstamo de equipo.

Finalmente a los señores Gerardo Zamora Oviedo, German Arce Cerdas, Rafael Angel Chavez Villalobos e Isaís Moraga Bejarano personal de la Estación Los Diamantes, también por su colaboración.

INDICE

Tribunal examinador.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras.....	v
Índice de Cuadros.....	viii
Resumen.....	ix
Introducción.....	1
Objetivos.....	10
Material y Métodos.....	11
Resultados.....	17
Discusión.....	36
Conclusiones.....	52
Literatura Citada.....	54
Anexo.....	60
Fig. 1. Conteo y porcentaje por barra de la altura de la cresta (cm) de <i>A. argentea</i> en Cacho Negro en el año 2001.....	21
Fig. 2. Conteo y porcentaje por barra de la altura de la cresta (cm) de <i>A. argentea</i> en Cacho Negro en el año 2004.....	21
Fig. 3. Conteo y porcentaje por barra del diámetro de la cresta (mm) de <i>A. argentea</i> en Cacho Negro en el año 2001.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Contenido	
Fig. 1.	Variables morfométricas (longitud total de la concha, altura concha y diámetro concha) determinadas para <i>Anadontites trapesialis</i>	15
Fig. 2.	Longitud promedio de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> colectadas en Caño Negro durante el periodo de estudio 2003-2004	19
Fig. 3.	Altura promedio de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro Durante los años 2003-2004	19
Fig. 4.	Diámetro promedio de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro durante los años 2003-2004	19
Fig. 5.	Conteo y porcentaje por barra de la longitud de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro durante el año 2003	20
Fig. 6.	Conteo y porcentaje por barra de la longitud de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro en el año 2004	20
Fig. 7.	Conteo y porcentaje por barra de la altura de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro en el año 2003	21
Fig. 8.	Conteo y porcentaje por barra de la altura de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro en el año 2004	21
Fig. 9.	Conteo y porcentaje por barra del diámetro de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro en el año 2003	22

Fig. 10.	Conteo y porcentaje por barra del diámetro de la concha (mm) de <i>A. trapesialis</i> en Caño Negro en el año 2004.....	23
Fig. 11.	Precipitación mensual en Caño Negro, durante el periodo 2003-2004	24
Fig. 12.	Precipitación mensual en Guápiles, durante el periodo 2003-2004	26
Fig. 13.	Temperatura promedio del agua (°C) en el estanque durante el periodo de estudio 2003-2004.	26
Fig. 14.	Variación bimensual de la longitud, altura y diámetro de la concha de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2003.....	27
Fig. 15.	Variación bimensual de la longitud de la concha, altura y diámetro de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2004.....	27
Fig. 16.	Variación bimensual del peso húmedo (g) de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2003.....	28
Fig. 17.	Variación bimensual de peso húmedo (g) de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2004.....	28
Fig. 18.	Relación entre el peso (g), longitud (mm), altura (mm) y diámetro (mm) de la concha de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2003.....	30
Fig. 19.	Relación entre peso (g), longitud (mm), altura (mm) y diámetro (mm) de la concha de <i>A. trapesialis</i> en la estación Los Diamantes durante el 2004.....	31

Fig. 20.	Sección de la gónada de <i>A. trapesialis</i> durante la estación seca	33
Fig. 21.	Sección femenina (A) y masculina (B) de la gónada de <i>A. trapesialis</i> mostrando óvulos desarrollado y espermatozoides maduros respectivamente...	33
Fig. 22.	Sección de la gónada de <i>A. trapesialis</i> durante la estación lluviosa.....	34
Fig. 23.	Huevos de <i>A. trapesialis</i> en distintos estados de desarrollo.....	35
Fig. 24.	Huevos de <i>A. trapesialis</i> ya fecundados	36
Fig. 25.	Vista de un canal en Caño Negro en el 2003.....	60
Fig. 26.	Vista de la Laguna Sebastián durante la estación seca del 2003.....	60
Fig. 27.	Vista de la laguna muestreada en el 2004.....	61
Fig. 28.	Vista de diferentes ejemplares de <i>Anodontites trapesialis</i> colectadas en Caño Negro, Alajuela, durante el 2003.....	61
Fig. 29.	Vista de distintos estanques de cultivo en Los Diamantes, Guápiles, en el 2003.....	62
Fig. 30.	Vista de estanque donde se colocaron las almejas con los peces en el 2003-2004.....	62
Fig. 31.	Algunas almejas colocadas en el estanque en el 2003.....	63

INDICE DE CUADROS

Contenido

Cuadro 1.	Estadística descriptiva de la longitud (mm), altura (mm) y diámetro (mm) de <i>A. trapesialis</i> hallados en Caño Negro en el 2003.....	18
Cuadro 2.	Estadística descriptiva de la longitud (mm), altura (mm) y diámetro (mm) de <i>A. trapesialis</i> hallados en Caño Negro en el 2004.....	18
Cuadro 3.	Diferencias físico-químicas de las dos lagunas muestreadas en Caño Negro, Alajuela , en el los años 2003-2004.....	23
Cuadro 4.	Peso total (g), peso fresco (g), peso concha (g) y peso seco (g) de los individuos que fueron utilizados para el estudio bioquímico de la carne.....	25
Cuadro 5.	Composición Bioquímica de la carne de <i>A. trapesialis</i>	25
Cuadro 6.	Coeficientes de correlación de Sperman entre peso total, longitud, altura, diámetro de <i>A.trapesialis</i> en Los Diamantes durante el año 2003.....	29
Cuadro 7.	Coeficientes de correlación de Spearman entre el peso total, longitud total, altura y diámetro de <i>A. trapesialis</i> en Los Diamantes durante el 2004.....	30
Cuadro 8.	Diferencias entre el coeficiente de variación de las muestras estudiadas en los Diamantes en los años 2003 y 2004.....	32

RESUMEN

Se realizaron dos giras al Refugio de Vida Silvestre de Caño Negro, Alajuela, una en la estación seca del 2003 a la laguna Sebastián y la otra en la estación seca del 2004, a una laguna sin identificación ubicada muy cerca de la entrada al Refugio. En ambas se recolectaron especímenes de la almeja *Anodontites trapesialis* a las cuales se les determinó la longitud, altura y diámetro de la concha. Al comparar las muestras se encontraron diferencias significativas probablemente relacionadas con las características físicas de ambas lagunas ya que la laguna Sebastián, se seca en un alto porcentaje durante la estación seca, lo que expone a los individuos a altas mortalidades por depredación y pérdida de agua. La segunda laguna permanece con abundante agua durante la estación seca ofreciendo una mayor protección contra estos factores.

Especímenes de ambas lagunas se trasladaron en cada ocasión hasta un estanque ubicado en la Estación Los Diamantes, del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura en Guápiles, Limón.

El porcentaje de carne por peso obtenido de *A. trapesialis* fue de 39%, un valor intermedio entre algunos otros bivalvos.

La composición química de la carne, mostró que esta especie presenta un porcentaje alto de proteínas (61.32%) y un valor bajo de carbohidratos (17.53%), lo que indica que tiene un buen potencial para fines comerciales.

El reclutamiento en la Estación Los Diamantes fue casi nulo ya que prácticamente nunca se hallaron individuos nacidos dentro del estanque. Lo anterior posiblemente se debe a que las aguas de esta localidad presentan valores bajos de

alcalinidad (6.84 mg CaCO_3) unido a un pH de aproximadamente 7, relativamente neutro; diversos autores han señalado que niveles bajos de alcalinidad dificultan la formación de la concha embrionaria impidiendo que se complete el desarrollo.

Se realizaron cortes histológicos con el objeto de observar el desarrollo gonádico, esto permitió identificar la gónada de macho junto a la gónada de hembra, corroborando el hermafroditismo de esta especie, también se observaron huevos en diferentes estados de desarrollo, pero nunca se observaron larvas.

Ejemplares de diferentes tallas se marcaron utilizando números adhesivos y el pegamento Loctide con el propósito de evaluar el crecimiento. Los incrementos observados para los individuos traídos en el año 2003 para las tres variables, fueron mayores en los dos primeros cuatrimestres del año, pero este crecimiento tiende a estabilizarse después de esta época. Los individuos traídos en el 2004 crecieron en promedio relativamente poco y su crecimiento también tiende a estabilizarse para el tercer cuatrimestre del año.

Los resultados en *A. trapesialis*, al compararse con aquellos obtenidos por otros autores para *Anodonta luteola*, sugieren que, si bien, *A. trapesialis* alcanza buenas tallas, posee un buen porcentaje de carne fresca, presenta porcentajes altos en proteínas y bajos en carbohidratos y lípidos; es una especie que en condiciones artificiales no logró completar su ciclo de vida, a diferencia de *A. luteola*, y por lo tanto, no se recomienda para policultivos en la Estación Los Diamantes.

INTRODUCCION

Las almejas nacaríferas de agua dulce pertenecientes al Orden Unionoida, son un grupo muy diverso que comprende más de 150 géneros distribuidos por todos los continentes excepto la Antártica (Bogan 1993, Graff 2001), este Orden es muy antiguo ya que data de hace más de 80 millones de años (Graf & Foighil 2000) y posiblemente hasta el Triásico (Graf 2000). Se caracterizan por ser especies bentónicas comunes en los ambientes tanto lénticos como lóticos con sustrato de composición variable (Weitenheimer & Dreher 1978, Castellanos & Landoni 1990, Mansur *et al.* 1994, Steyer *et al.* 1994, Mansur & Olazarri 1995, Graf 2001). Su característica principal es el poseer una etapa larval ectoparásita de las branquias, aletas, piel o escamas de los peces lo cual es necesaria para completar su metamorfosis (Fryer 1959, Cruz *et al.* 1984, Cruz & Courrau 1986, Castellanos & Landoni 1990, Kabat 1997, Haag *et al.* 1999); sin embargo, se han reportado excepciones en donde algunas especies han completado su metamorfosis sin un hospedero, y en el caso de la especie: *Simpsonaias antiqua* Say, 1825, se conoce que en la naturaleza infecta a *Necturus*, un anfibio (Clarke 1985, Graf 2001).

La especificidad de la larva al momento de seleccionar a su hospedero varía entre las especies, desde los generalistas que utilizan una gran variedad de especies en distintas familias hasta los especialistas que pueden utilizar unas pocas especies estrechamente relacionadas (Haag & Warren 1999). En algunos casos cuando la larva encuentra un hospedero inadecuado, el pez la rechaza por medio de su sistema inmunológico (Haag & Warren 2003). Aún cuando las larvas pueden encontrar a su

hospedero en forma pasiva, los especialistas han implementado técnicas para asegurar la probabilidad de que sus larvas encuentren a un hospedero adecuado, entre las adaptaciones más conocidas tenemos los pliegues del manto o grandes conglomerados de larvas. Estas estructuras se asemejan a pequeños peces o grandes invertebrados que son la fuente principal de alimento de algunos peces (Haag & Warren 1999; 2000).

La taxonomía de este orden es bastante complicada, en parte debido a la existencia de muchas sinonimias (Villalobos *et al.* 1985, Mansur & Olazzarri 1995, Kabat 1997, Graf 2001); sin embargo, la mayoría de los malacólogos actuales reconocen la existencia de seis familias: Margaritiferidae, Unionidae, Hyriidae, Indimididae (= Mutelidae), Mycetopodidae y Etheriidae (Graf 2000), éstos seis taxa están agrupados en dos superfamilias que se diferencian por el tipo de larva parásita que poseen. Las primeras tres familias se incluyen dentro de la superfamilia Unionoidea las cuales poseen una larva llamada gloquidio, que es bivalva y mide entre 60-350 μm . Las otras tres familias, agrupadas dentro de la Superfamilia Etherioidea (= Muteloidea), poseen una larva llamada lasidio, la cual al igual que los gloquidios, es pequeña, 85-150 μm , pero univalva (Kabat 1997, Graf 2001). Mientras que la fertilización externa es común en los moluscos marinos (y otros invertebrados acuáticos), la fertilización del óvulo de los unionoideos ocurre dentro de la cavidad del manto de la hembra. El macho libera los espermias directamente en el agua, y estos deben entrar a las corrientes respiratorias de la hembra para alcanzar su objetivo (Graf 2001).

La larva se desarrolla dentro del espacio interlamelar de las branquias de la hembra, cuando finalizan su etapa de desarrollo en las branquias, son liberadas para encontrarse con su hospedero en donde ocurre parte de su desarrollo y metamorfosis, al

por otro lado, se ha encontrado especificidad en la larva al momento de seleccionar el área de su hospedero (Hanley & Neves 1995, Silva-Souza & Eiras 2002). Dependiendo de la especie, sus larvas se puede enquistar en las branquias, aletas o integumento de su hospedero. Durante este periodo de infestación, el pez dispersa a estos bivalvos. La consecuencia de este proceso para el pez depende del grado de infestación, ya que si es mucha, lo puede hacer susceptible a la contaminación o a otros parásitos (Silva-Souza & Eiras 2002).

Los miembros de la superfamilia Unionoidea presentan una distribución más cosmopolita encontrándose tanto familias en el hemisferio norte (*e.g.* Margaritiferidae) (Graf 2001) como en el hemisferio sur (*e.g.* Hyriidae) (Martínez & Royero 1995, Graf & Soighil 2000), mientras que la superfamilia Etherioidea tiene una distribución más localizada en el hemisferio sur (Graf 2000). Estas dos superfamilias son simpátricas en tres regiones del mundo: América Central, África y el Sur de Asia (Graf 2000).

A continuación se registra la distribución biogeográfica actual de las seis familias (modificado de Graf 2001). Au = Australia; Et = Etiopía; Na = Neoártico; Nt = Neotrópico; Or = Oriente; Pa = Paleoártico. El número de géneros y especies refleja la diversidad relativa.

Taxón	Diversidad No. Géneros(spp.)	Biogeografía					
		Na	Nt	Au	Et	Or	Pa
Orden Unionoida	159 (829)						
Super familia Unionoidea							
Fam. Margaritiferidae	2 (5)	X				X	X
Unionidae							
Sub. Familia							
Anodontinae	14 (61)	X				X	X
Unioninae	106 (615)	X	X	X	X	X	X
Hyriidae							
Hyriinae	10 (55)		X				
Hyridellinae	8 (27)					X	
Super familia Etherioidea							
Fam. Iridinidae	6 (22)					X	
Mycetopodidae	10 (40)		X				
Etheriidae	3 (4)		X			X	X

En Costa Rica se ha reportado la presencia de individuos de la familia Unionidae y Mycetopodidae. A continuación se da una lista de las especie que se han reportado en el país según R. Cruz & Z. Barrientos (Com. Pers. 2003).

Familia	Especie
Mycetopodidae	<i>Anodontites patagonicus</i>
	<i>A. tortilis</i>
	<i>A. trapesialis</i>
	<i>Micetopoda subsinuata</i>
	<i>M. weddelli</i>
	<i>M. pygmaea</i>
Unionidae	<i>Nephronaias tempisqueusis</i>
	<i>N. dysonii</i>
	<i>Anodonta luteola</i> ¹
	<i>A. depexa</i>
	<i>A. woodiana</i> ²
	<i>Unio hjalmarsoni</i>

1: Antes *Anodonta luteolus*

2: Esta especie es introducida y se reportó su presencia en la laguna del Arenal y cerca de Lomas de Barbudal

Los estudios en Costa Rica de los miembros de este orden son pocos y se pueden dividir en tres épocas. La primera de ellas, antes de 1976, en donde prácticamente el único interés fue el taxonómico y que formaron parte de los inventarios faunísticos que se realizaban en los países tropicales, entre ellos podemos citar a los de Pierre Biolley y Henri Pittier en 1890, cuyo material fue estudiado por von Martens para la Biología Centrali-Americana (von Martens 1890-1901). Las investigaciones posteriores representan recolecciones menores, entre las que se puede mencionar la de P. P. Calvert y A. S. Calvert (Pilsbry 1920, Taylor 1993).

A partir de 1976 se inicia el segundo periodo cuando Amador (1983) estudia el tamaño y la distribución poblacional de *Nephronaias tempisqueusis*, un unionido

presente en el Río Tempisque y algunos de sus afluentes, la autora encontró que la reproducción era continua pero ésta se incrementaba dos veces al año, la primera desde finales de noviembre hasta enero, y la segunda desde junio hasta agosto, ambos periodos coincidían con las épocas de precipitación más bajas. Esta especie estaba sexualmente activa cuando alcanzaba una longitud de su concha de 25 mm. Además, encontró que aproximadamente el 6% de los individuos eran hermafroditas, condición muy rara dentro de los uniónidos y quizás no significativa.

Posteriormente Villalobos *et al.* (1982) estudiaron la estructura poblacional de la almeja de agua dulce *Glabaris luteolus* Lee, 1858 (Mycetopodidae) en la Estación de "28 Millas" en la provincia de Limón. Asimismo, se compararon con éstos, las distribuciones de tamaño, crecimiento, mortalidad, aspectos biométricos y reproductivos de esta almeja en la Estación Enrique Jiménez Nuñez en Cañas, para determinar su potencial en el uso de policultivos (Villalobos & Cruz 1984, Cruz *et al.* 1984, Villalobos *et al.* 1984, Cruz & Villalobos 1984, 1985). Los datos indicaron que *G. luteolus* cultivada en Cañas, Guanacaste, mostró incrementos en longitud considerablemente altos de hasta 57.6 mm que permitirían obtener tallas comerciales en un periodo normal de cultivo de la tilapia *Oreochromis* sp. (8 meses). Además se encontró una distribución normal en esta población, lo que indicó un aporte continuo de nuevos individuos a ésta y que los valores en rendimiento (porcentaje de carne por peso) eran superiores al 50 por ciento para todas las tallas, toda esta información indicaría que esta especie es óptima para el uso en policultivos en esta región. En "28 Millas" por el contrario, la reproducción ocurría una vez al año. Estas diferencias estaban íntimamente relacionadas con las diferencias climatológicas existentes en

ambas zonas (Villalobos *et al.* 1984). Asimismo, aún cuando los incrementos totales en longitud eran menores en "28 Millas", aún eran considerados altos, por lo que Villalobos *et al.* (1984) la recomiendan para el uso en policultivos también en esta zona.

Villalobos *et al.* (1985) reportaron por primera vez la presencia de *Anodontites trapesialis glaucus* Lamarck, 1819 y *Anodontites patagonicus* Lamarck, 1819 (Mycetopodidae) en Costa Rica. Como resultado de esto, Cruz y Courrau (1986) determinaron el índice de condición, el porcentaje de carne y el ciclo reproductivo de *Anodontites trapesialis glaucus*. Estos autores encontraron un valor promedio en porcentaje de carne de 55.31%, siendo muy similar al encontrado por Cruz *et al.* (1984) de un 55.4% para *G. luteolus*. Con relación al ciclo reproductivo, Cruz y Courrau (1986) encontraron que *A. trapesialis glaucus* en el brazo muerto del Río Sixaola presentaban ejemplares maduros todo el año con un pico máximo en el mes de junio (75%) y un mínimo en enero (21%). Asimismo estos mismos autores hallaron que los huevos y lasídios hallados en sus branquias mostraban un incremento desde julio (21%) hasta enero (50%). Finalmente, no encontraron individuos con huevos o con lasídios en las branquias desde febrero hasta julio, periodo en que encontraron el mayor porcentaje de individuos maduros y en máxima madurez.

El tercer periodo, que comprende desde 1987 al día de hoy, se caracteriza por una disminución muy significativa en los estudios con los uniónidos y el único trabajo publicado es el de Kefer (1995) reportando la presencia de *Anodonta woodiana* Lea, 1834 (Unionidae) en la Laguna de Arenal. Este autor no realiza ningún estudio y sólo se limita a reportar que su presencia se posiblemente también a la presencia de tilapias (*Oreochromis* sp.).

Pocos estudios se han realizado sobre las especies de moluscos de agua dulce de la zona norte costarricense, concentrándose éstos especialmente en la recolección e identificación de las mismas (Z. Barrientos, com. pers.). En dicha zona se han recolectado varias especies (e.g. *Anodontites trapesialis*, *A. tortilis*, *A. subsinuata*, *Mycetopoda weddelli*). Por el tamaño que puede alcanzar esta *A. trapesialis*, parecen tener un gran potencial para ser utilizada en policultivos.

En los últimos años la acuicultura ha experimentado un crecimiento sin precedentes lo cual se relaciona en parte con una declinación de la producción pesquera a nivel mundial y a una demanda sostenida por proteínas de origen acuático. Costa Rica no ha sido la excepción y aunque su producción pesquera creció de 12500 y las 21000 toneladas entre 1970-2000, la producción ha disminuido para muchos de los principales recursos, tal es el caso de las corvinas y el camarón logrando los valores máximos en dicho periodo a un costo de operación cada vez mayores. La acuicultura por el contrario muestra un crecimiento sostenido habiendo pasado de 7451 toneladas en 1997 a casi 11000 toneladas en el año 2000, lo que representa el 50% de la producción pesquera nacional (INCOPESCA 2000). Esta última producción se ha logrado en tan solo 1600 hectáreas de lagunas. De las especies bajo cultivo, la tilapia es la que muestra el mayor crecimiento, con un incremento de casi 2000 toneladas métricas entre 1997 y 1999, representado en el año 2000 por el 70% de la producción total (INCOPESCA 2000). Este rápido crecimiento en la producción de tilapia está relacionado en primer lugar, con la puesta en marcha del proyecto en que se utiliza la modalidad de cultivo intensivo con recambio de agua frecuentes y en segundo lugar a la demanda internacional por

filetes de alta calidad, lo que generó asimismo, un incremento en el número de proyectos de cultivo extensivo.

Para la modalidad de cultivo extensivo que llevan a cabo pequeños y medianos productores resulta de especial interés el reducir los costos de operación. Por ello, a inicios de los años 80, la Asociación Bananera Nacional (hoy CORBANA) en colaboración con la Universidad de Costa Rica, realizaron numerosos experimentos de policultivos, utilizando además de la tilapia, moluscos bivalvos y gastrópodos, estos dos últimos grupos de especies son fácilmente reproducibles en los estanques y pueden utilizarse en forma simultánea ya que entre ellos no existe competencia ni por espacio ni por alimento al ocupar niveles tróficos distintos. Las almejas que se sabe se consumen en países como China y en el sureste de Asia, se localizan en el fondo de los estanques y se alimentan por filtración de los residuos de alimento que se le da a las tilapias, mientras que los caracoles (*Pomacea* sp) se localizan en las paredes de los estanques y se alimentan de las algas que se desarrollan en estos sitios. Los caracoles como las almejas alcanzan la talla comercial en el mismo periodo que las tilapias. En Costa Rica, Ruiz (1982) obtuvo una producción de almejas de 1035.5 kg en un estanque de 4000 m² de espejo de agua, con una profundidad promedio de un metro en un periodo de ocho meses; el peso promedio de cosecha fue de 160 kg. En otro experimento, Ruiz y Bonilla (1982) sembraron en un estanque de 1000 m² y con una profundidad promedio de 1.10 m 1000 tilapias y aproximadamente 100 almejas de agua dulce. El peso promedio de estas almejas fue de 91 g. Después de 9 meses se cosecharon tanto los peces como las almejas, los primeros experimentaron un aumento promedio de 250 gramos. En el caso de las segundas se tomó una muestra al azar de 150 individuos y se

separaron en tres categorías de tamaño: grandes, medianas y pequeñas. Para cada una de estas categorías se midió el largo de la concha, el ancho y el grosor. Además se tomó el peso de la concha, el agua que queda dentro cuando el animal está vivo, el peso de la carne, y el peso total. Los autores cosecharon 13102 individuos con un peso total de 498.02 kg en nueve meses. Los autores concluyeron que la siembra de almejas de esta especie en policultivo con peces, representa una buena posibilidad de aumentar las producciones y los ingresos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer la composición biométrica de las poblaciones de *Anodontites trapesialis* en la estación seca en Caño Negro, Alajuela, Costa Rica y de algunos factores para su uso potencial en policultivo en la estación piscívora Los Diamantes en Guápiles, Limón, Costa Rica.

Objetivos específicos

- A. Determinar la composición biométrica de las poblaciones de *A. trapesialis* en dos lagunas distintas durante la estación seca del 2003 y del 2004.
- B. Determinar el porcentaje de carne y el índice de condición de *A. trapesialis*
- C. Determinar la composición bioquímica de la carne seca de *A. trapesialis* durante la estación seca.

- D. Conocer aspectos básicos del ciclo de vida que puedan ser útiles para su cultivo.
- E. Realizar estudios de las gónadas y de los huevos para determinar la existencia de épocas reproductivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos giras al Refugio Nacional de Vida Silvestre de Caño Negro en marzo del 2003 y febrero del 2004, éste se ubica en el cantón de Los Chiles y Guatuso en la Provincia de Alajuela a 210 km de San José ($10^{\circ}52' N$, $84^{\circ}47' W$). Posee un área de 9,940 Ha, una temperatura promedio anual de $26^{\circ}C$ y una precipitación anual de 3000 mm, aquí es posible encontrar una laguna de unas 800 Ha. La zona es considerada una de las áreas más sobresalientes de Mesoamérica ya que presenta una de las regiones húmedas más importantes de América tropical (MINAE 1995).

Anodontites trapesialis, ha sido colectada por varios investigadores, entre ellos Zaideth Barrientos del INBio y Ricardo Soto de AVINA, en Caño Negro.

En el 2003 se muestreó la Laguna Sebastián (una laguna estacional que varía su tamaño de acuerdo a la estación climatológica) y en el 2004 otra laguna sin nombre.

Biometría

Se recolectaron 56 individuos en el mes de marzo del 2003 y 168 en febrero del 2004. Se realizó una caracterización físico-química del ambiente que incluía

profundidad, temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto utilizando un medidor de oxígeno YSI ($\text{mg O}_2/\text{l}$), modelo SIB y el tipo de sustrato. A la muestra de individuos se le realizó el estudio morfométrico utilizando los criterios de FAO, los cuales han sido empleados para bivalvos (Cruz 1990, Ruiz 1995). Los parámetros que se consideraron fueron los siguientes (Fig. 1):

- a- Longitud total de la concha: expresado en milímetros como la medida máxima en dirección antero-posterior y perpendicular al eje de la charnela.
- b- Altura de la concha: expresada en milímetros como la medida máxima dorsoventral, o sea, la distancia que va, del umbo al borde ventral.
- c- Diámetro de la concha: expresado en milímetros como la máxima distancia entre las dos valvas.

Lo anterior se hizo utilizando un calibrador marca Mitutoyo, de 0.05 mm de precisión.

Se tomaron cuatro individuos y utilizando una balanza digital marca Mettler PJ 3600 Delta Range de 0.001 g se obtuvo los siguientes parámetros:

- a- Peso total: expresado en gramos como el peso del organismo entero con concha, luego de secarse al aire.
- b- Peso fresco de la carne: expresado en gramos como el peso del cuerpo del organismo sacado de la concha y colocado en papel absorbente por espacio de 30 minutos.
- c- Peso de la concha: expresado en gramos como el peso de las valvas secas a temperatura ambiente por 30 minutos.

- d- Peso seco de la carne: expresado en gramos como el peso obtenido después de deshidratar la carne a 60 °C por espacio de 72 horas.

Esta información permitió calcular el porcentaje de carne, expresado por la relación:

$(\text{peso de carne fresca/peso total}) \times 100$ (Ruiz 1995)

Composición bioquímica

De la muestra total de carne seca se tomaron 10 g. Se molieron para realizar los análisis de ceniza, proteínas, lípidos y carbohidratos. La humedad se calculó por diferencia entre peso fresco y el seco. Estas determinaciones se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional.

Ceniza:

Un gramo de la muestra se pesó en un crisol y se colocó dentro de una mufla con un incremento gradual en la temperatura hasta 500 °C y después se mantuvo por 5 horas a dicha temperatura. El crisol luego se sacó y se puso a enfriar en un desecador. El residuo del mineral se peso exactamente en el crisol y se determinó porcentualmente después de restársele al peso inicial (Grover *et al.* 1961, Ruiz 1995).

Proteínas:

Se realizó mediante la determinación del contenido de nitrógeno de la carne por el método de KJELDHAL (AOAC 1980, Ruiz 1995). En presencia de ácido sulfúrico, sulfato de sodio y un catalizador, el nitrato de amonio de muchos materiales orgánicos, incluyendo el de los bivalvos (Ruiz 1995) es convertido a sulfato de amonio. El amonio

se destiló de un medio alcalino y se absorbió en ácido mineral estandarizado. El amonio se determinó con una base estandarizada.

El porcentaje de nitrógeno se calculó como sigue:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(A - B) \times 1.40}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

donde A = volumen (mL) HCl estandarizado x normalidad del HCl estandarizado

B = volumen (mL) NAOH estandarizado x normalidad del NAOH estandarizado

El porcentaje de proteína se calculó como sigue:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ nitrógeno} \times 6.25$$

donde 6.25 es el factor de conversión para productos pesqueros y moluscos (Ruiz 1995).

Lípidos:

La extracción de lípidos se realizó en el extractor de SOXHLET utilizando éter de petróleo (AOAC 1980, Ruiz 1995).

Carbohidratos:

Esto se calculó por diferencia una vez obtenidos los valores para proteína, lípidos y ceniza (Ruiz 1995).

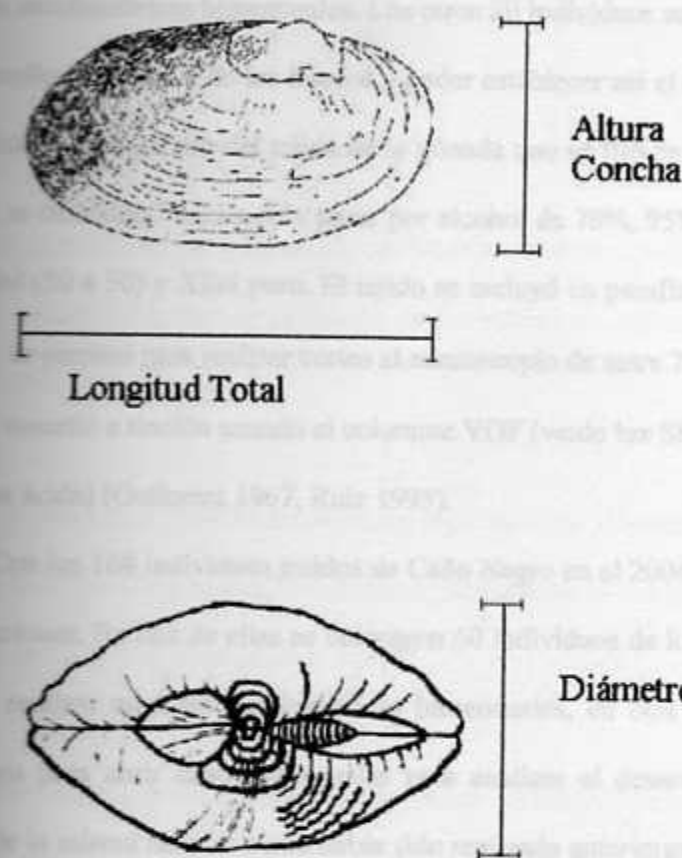


Fig. 1. Variables morfológicas (longitud total de la concha, altura concha y diámetro de la concha) que serán determinadas para *A. trapesialis*.

Ciclo reproductivo

De los 56 individuos medidos se llevaron 40 a la Estación de Piscicultura los Diamantes en Guápiles, Limón, Costa Rica en el 2003 y 168 en el 2004; se colocaron en un estanque de tierra de 6 x 8 m con piso de tierra que había sido llenado minutos antes. En él se construyó un encierro con maya de plástico de 12 m² en donde se colocaron los tilapias y las almejas. Se proporcionó alimentación diaria con pelets para tilapia. De los 40 individuos llevados a la estación en el 2003 se numeraron 20 para realizar

medidas morfométricas bimensuales. Los otros 20 individuos se utilizaron para analizar el desarrollo gonádico y de los huevos y poder establecer así el ciclo reproductivo. Para ello se tomó una muestra del tejido de la gónada que se fijó en una solución Bowin, la sección se deshidrató haciéndola pasar por alcohol de 70%, 95%, 100%, alcohol 100% más Xilol (50 a 50) y Xilol puro. El tejido se incluyó en parafina de 60 °C de punto de fusión y se preparó para realizar cortes al microscopio de entre 7-8 μ m de espesor. Cada corte se sometió a tinción usando el colorante VOF (verde luz SF amarillento, Orange G y fuccina ácida) (Gutierrez 1967, Ruiz 1995).

Con los 168 individuos traídos de Caño Negro en el 2004, se dividió el estanque en 3 secciones. En una de ellas se colocaron 60 individuos de los cuales se numeraron 24 para realizar medidas morfométricas bimensuales, en otra sección se dejaron 74 individuos para abrir cuatro mensuales para analizar el desarrollo gonadal y de los huevos de la misma manera como había sido realizada anteriormente, y los restantes 34 más 17 individuos que habían quedado del estudio anterior se colocaron en otra sección la cual no se tocó para nada.

Se midió el pH y la alcalinidad del agua del estanque y del canal que la alimenta en marzo del 2005 utilizando el Fish Farmer's Water Quality Test Kit modelo FF-1.

Análisis Estadístico:

Se realizaron los siguientes análisis:

A. Estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, máximo, mínimo) para la longitud, altura y diámetro de la concha de los individuos hallados en Caño Negro en el 2003 y 2004.

B. Prueba estadística U de Mann-Whitney para verificar si habían diferencias significativas ($p < 0.05$) en longitud, altura y diámetro de la concha de los individuos hallados en Caño Negro en el 2003 y 2004.

C. Estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, máximo, mínimo) para la longitud, altura y diámetro de la concha de los individuos que se utilizaron para determinar la tasa de crecimiento en la estación Los Diamantes

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la longitud, altura y diámetro de los individuos hallados en Caño Negro en el 2004.

RESULTADOS

Biometría:

Los parámetros estadísticos de los aspectos biométricos considerados tanto en el año 2003 como en el 2004 se presentan en los cuadros 1 y 2, debe notarse que la longitud total de la concha, presenta en ambas lagunas los coeficientes de variación más bajos, pero los valores encontrados en ambos años son muy diferentes. Como puede verse, los valores de coeficiente de variación más bajos tanto en longitud total, altura y

diámetro se hallaron en el 2004. Esto concuerda con los valores bajos de desviación estándar también hallados en este año y los valores altos en promedio de la longitud, altura y diámetro de la concha cuando se comparan con el 2003. (Fig. 2-4)

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la longitud, altura y diámetro de los individuos hallados en Caño Negro en el 2003.

Parámetro	Longitud	Altura	Diámetro
Número	56	56	56
Mínimo (mm)	25	14	8
Máximo (mm)	130	70	49.5
Promedio (mm)	78.7	42.09	28.6
Desviación estandar	28.45	15.28	10.91
C.V.	36.1	36.3	38.2

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la longitud, altura y diámetro de los individuos hallados en Caño Negro en el 2004.

Parámetro	Longitud	Altura	Diámetro
Número	168	168	168
Mínimo (mm)	80	42	21.8
Máximo (mm)	150	93.4	56.4
Promedio (mm)	120.7	67.05	43.88
Desviación estandar	12.92	7.25	5.11
C.V.	10.7	10.8	11.7

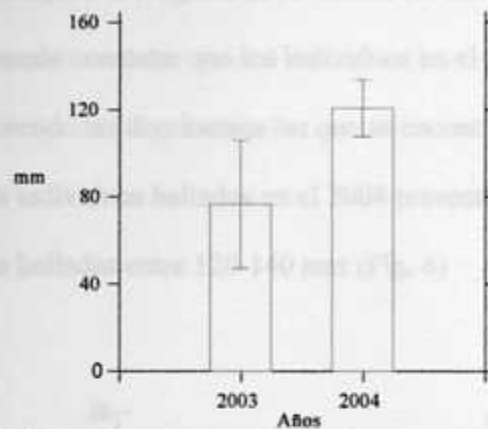


Fig. 2. Longitud promedio (mm) de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro durante estación seca 2003-2004. Línea vertical: Desviación estándar.

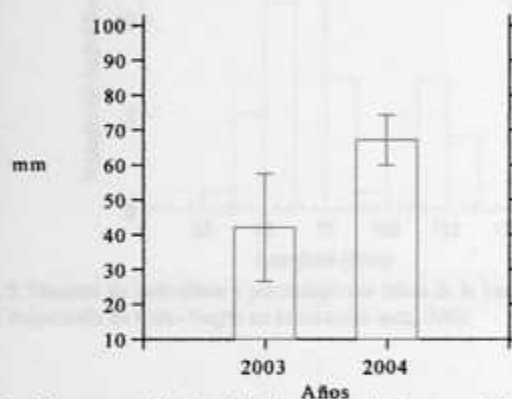


Fig. 3. Altura promedio (mm) de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro durante estación seca 2003-2004. Línea vertical: Desviación estándar.

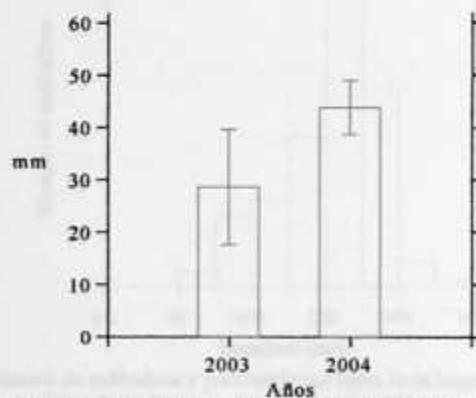


Fig. 4. Diámetro promedio (mm) de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro durante estación seca 2003-2004. Línea vertical: Desviación estándar.

Cuando se compara la longitud de la concha de las muestras recolectadas en el 2003 y el 2004 se puede constatar que los individuos en el 2003 presentan una amplia variedad de tallas, siendo las dominantes las que se encontraban entre 35-85 mm (Fig. 5), mientras que los individuos hallados en el 2004 presentaban tallas mayores, siendo las que dominan las halladas entre 120-140 mm (Fig. 6)

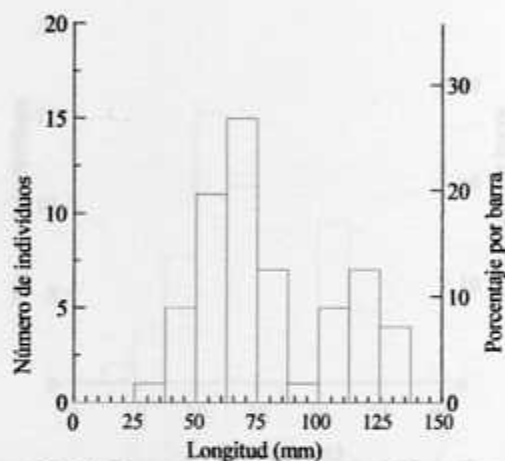


Fig. 5. Número de individuos y porcentaje por barra de la longitud de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca, 2003.

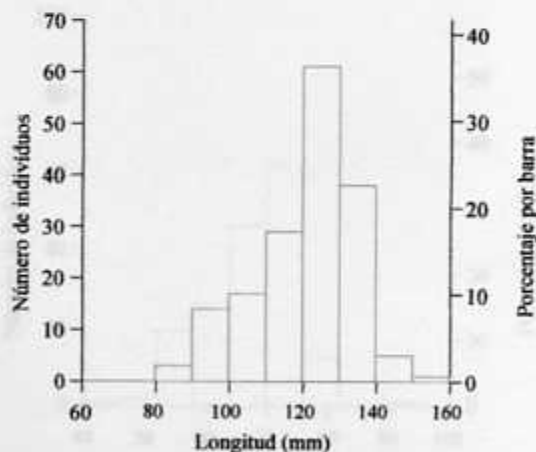


Fig. 6. Número de individuos y porcentaje por barra de la longitud de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca 2004.

Cuando se compara las alturas de la concha de las dos muestras se nota nuevamente que en el 2003 hay un ámbito considerable de tamaños siendo las dominantes las que se encuentran entre 20-40 mm (Fig. 7), mientras que la muestra del 2004 presenta tallas mayores siendo las dominantes las que tienen 60-80 mm (Fig. 8).

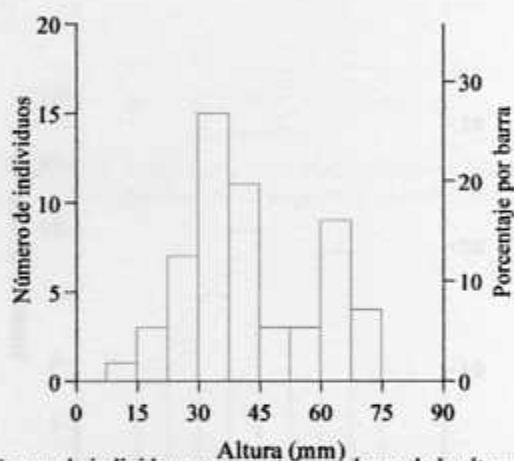


Fig. 7. Número de individuos y porcentaje por barra de la altura de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca 2003

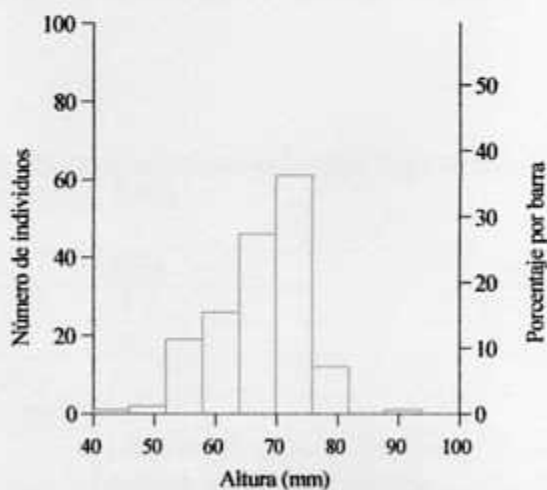


Fig. 8. Número de individuos y porcentaje por barra de la altura de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca 2004

Cuando se comparan los diámetros de la concha en ambas lagunas se nota que en el 2003 (Fig. 9) los diámetros dominantes oscilan entre 15-30 mm, pero también hay una fracción importante que presentan diámetro entre 40-45 mm (20%). Lo anterior contrasta con los individuos colectados en el 2004 (Fig. 10). Estos últimos presentan un mayor porcentaje de individuos entre 40-50 mm (50%>).

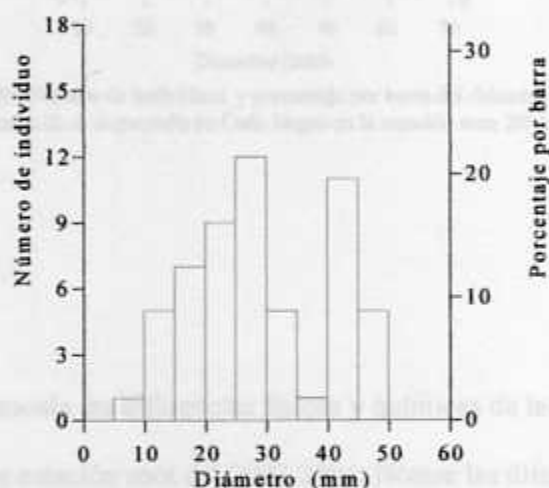


Fig. 9. Número de individuos y porcentaje por barra del diámetro de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca 2003.

Cuadro 1. Diferencias físicas y químicas de las dos lagunas secas en Caño Negro, Alajuela, en el 2003 y 2004.

Variables	2003	2004
Temp. ambiente (°C)	28.6	27.1
Temp. Agua (°C)	26.5	24
Profundidad promedio (m)	2	5
Profundidad promedio (m)	0.32	1
Estado	Llagas secillas y muy húmedas mucho en descomposición	Pondos secillosos que son débiles

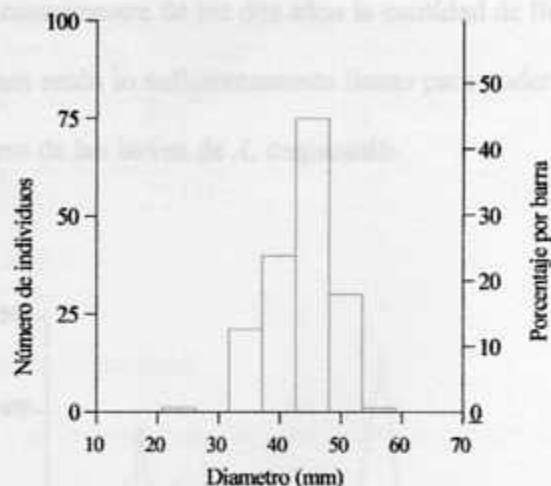


Fig. 10. Número de individuos y porcentaje por barra del diámetro de la concha de *A. trapesialis* en Caño Negro en la estación seca 2004.

Factores ambientales:

El cuadro 3 presenta las diferencias físicas y químicas de las dos lagunas muestreadas durante la estación seca del 2003-2004. Nótese las diferencias existentes en la profundidad de ambas lagunas y el tipo de sustrato presente.

Cuadro 3. Diferencias físicas y químicas de las dos lagunas muestreadas en Caño Negro, Alajuela, en el 2003 y 2004.

Variables	2003	2004
Temp. Ambiente (°C)	28.6	27.1
Temp. Agua (°C)	26.5	24
Oxígeno disuelto (mg/L)	3	5
Profundidad promedio (m)	0.32	1
Sustrato	Limo arcilloso muy fina con materia en descomposición	Fondo arcillosos con un floculo

La Fig. 11 muestra el comportamiento de la lluvia durante el 2003-2004. Nótese que ya para el tercer cuatrimestre de los dos años la cantidad de lluvia que ha caído permite que las lagunas estén lo suficientemente llenas para poder albergar una buena cantidad de hospederos de las larvas de *A. trapesialis*.

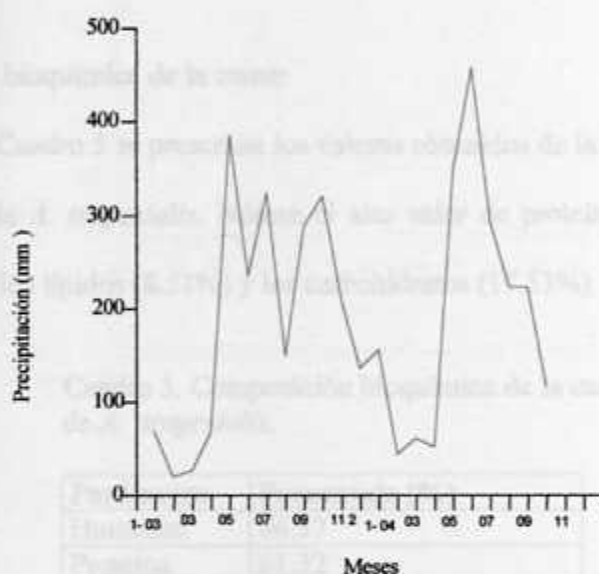


Fig. 11. Precipitación mensual en Caño Negro, Alajuela, durante el periodo 2003-2004.

Porcentaje de carne:

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedio del peso total, máximo, mínimo y la desviación estandar de los individuos que fueron utilizados para los estudios bioquímicos de la carne. El porcentaje de carne por peso fue de 39.6 %.

Cuadro 4. Peso total, peso fresco, peso concha y peso seco de individuos que fueron utilizados para los estudios bioquímicos de la carne de *A. trapesialis*

Variable	Promedio (g)	Máximo (g)	Mínimo (g)	Desv. Est.
Peso total	172.2	190.8	150	17.49
Peso fresco	68.2	80	58	9.25
Peso concha	38.5	43.6	33.1	4.33
Peso seco	9.45	11.46	7.7	1.64

Porcentaje de carne: 39.6 %

Composición bioquímica de la carne:

En el Cuadro 5 se presentan los valores obtenidos de la composición bioquímica de la carne de *A. trapesialis*. Nótese el alto valor de proteínas (61.32%), cuando se compara con los lípidos (8.51%) y los carbohidratos (17.53%)

Cuadro 5. Composición bioquímica de la carne de *A. trapesialis*.

Parámetro	Porcentaje (%)
Humedad	86.37
Proteína	61.32
Lípidos	8.51
Ceniza	12.64
Carbohidratos	17.53

Tasa de crecimiento y cultivo experimental:

La Fig. 12 y 13 presenta la precipitación mensual en la estación Los Diamantes, Guápiles y la temperatura del estanque en la estación durante el periodo de estudio. Nótese que durante los meses más lluviosos la temperatura del agua fue menor a los 27 °C.

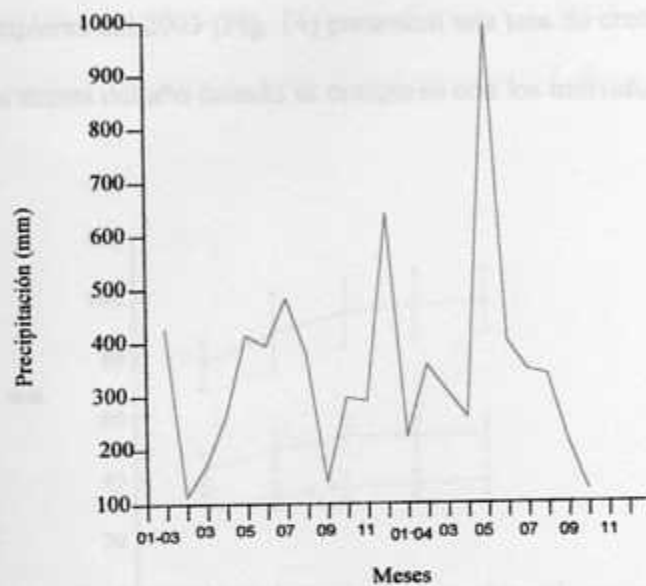


Fig. 12. Precipitación mensual en Guápiles durante el periodo de estudio 2003-2004.

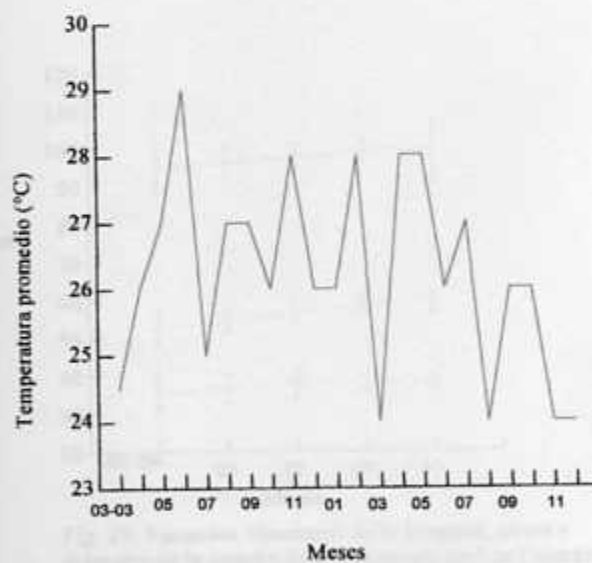


Fig. 13. Temperatura promedio del agua (°C) en el estanque durante el periodo 2003-2004.

Las Fig. 14 y 15 presentan la tasa de crecimiento en el 2003 y el 2004. Nótese que los ejemplares del 2003 (Fig. 14) presentan una tasa de crecimiento mayor durante los primeros meses del año cuando se comparan con los individuos del 2004 (Fig. 15)

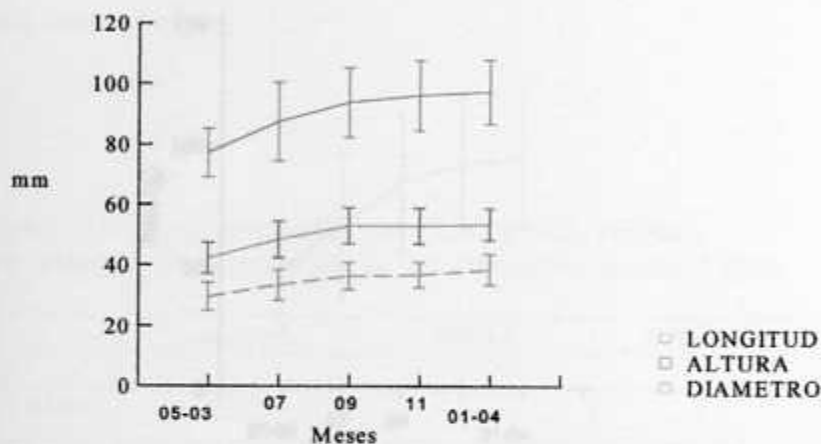


Fig. 14. Variación bimensual de la longitud, altura y diámetro de la concha de *A. trapesialis* en Los Diamantes, Guápiles durante el 2003. Línea vertical: Desviación estandar.

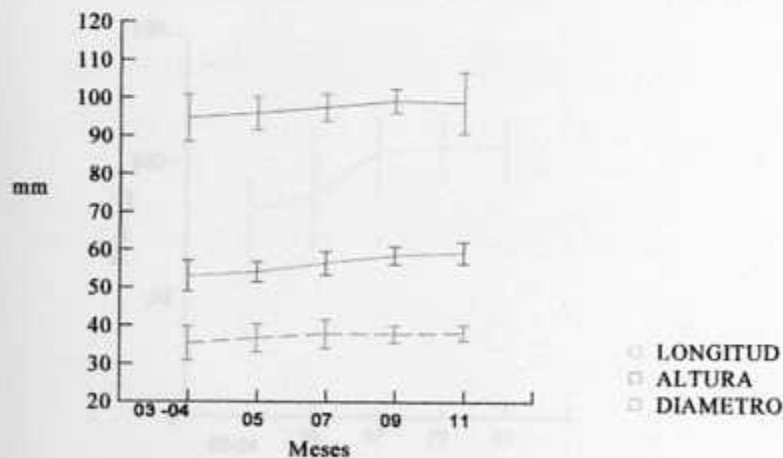


Fig. 15. Variación bimensual de la longitud, altura y diámetro de la concha de *A. trapesialis* en Los Diamantes, Guápiles en el 2004. Línea vertical: Desviación estandar.

Cuando se comparan los pesos en ambos años (Fig. 16 y 17) se nota que en los dos casos hay un aumento mayor en el peso durante la primera parte del año y que este peso tiende a estabilizarse para el tercer cuatrimestres del año.

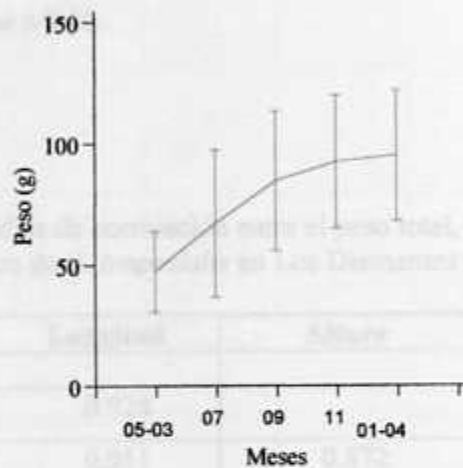


Fig.16. Variación bimensual del peso húmedo (g) de *A. trapesialis* en Los Diamantes, Guápiles durante el 2003. Línea vertical: Desviación estandar.

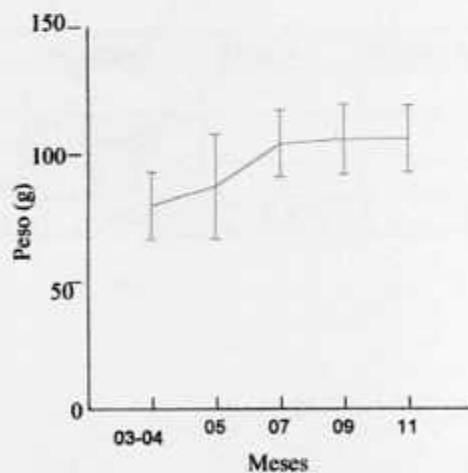


Fig. 17. Variación bimensual del peso húmedo (g) de *A. trapesialis* en Los Diamantes, Guápiles durante el 2004. Línea vertical: Desviación estandar.

La correlación entre la longitud, altura, diámetro y peso de los individuos estudiados en la estación Los Diamantes en el 2003 y el 2004 se pueden observar en el cuadro 6-7 y figuras 18-19. Nótese que los individuos del 2003 presentan correlaciones positivas mayores a 0.87 mientras que los individuos estudiados en el 2004 presentan correlaciones menores a 0.65.

Cuadro 6 . Medias de correlación entre el peso total, longitud, altura, diámetro de *A. trapesialis* en Los Diamantes durante el 2003.

	Longitud	Altura	Diámetro
Altura	0.928		
Diámetro	0.911	0.872	
Peso	0.976	0.928	0.93

Cuadro 7. Medias de correlación entre el peso total, longitud, altura y diámetro de *A. trapesialis* en Los Diamantes durante el 2004.

	Longitud	Altura	Diámetro
Altura	0.605		
Diámetro	0.275	0.41	
Peso	0.62	0.405	0.644

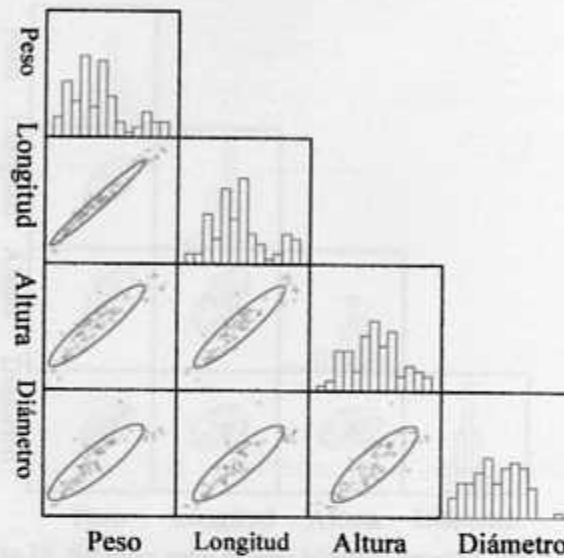


Fig. 18. Relación entre peso húmedo, longitud, altura y diámetro de la concha de *A. trapesialis* en Los Diamantes durante el 2003.

Cuadro 7. Medidas de correlación entre el peso total, longitud, altura y diámetro de *A. trapesialis* en Los Diamantes durante el 2004.

	Longitud	Altura	Diámetro
Longitud			
Altura	0.605		
Diámetro	0.275	0.41	
Peso	0.62	0.626	0.644

Cuadro 8. Diferencias entre el coeficiente de variación de las muestras de *A. trapesialis* obtenidas en Los Diamantes en el 2003 y el 2004.

	Peso	Longitud	Altura	Diámetro
2003	44.0	18.5	18.3	17.4
2004	18.9	7.7	6.8	6.7

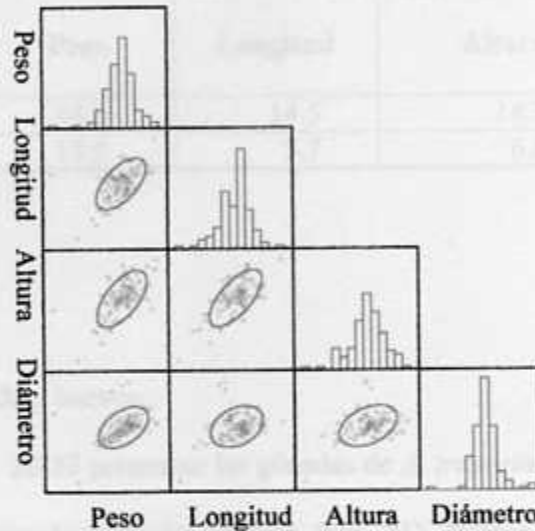


Fig. 19. Relación entre el peso húmedo, longitud, altura y diámetro de la concha de *A. trapesialis* en los Diamantes durante el 2004.

Las diferencias entre los coeficientes de variación de las muestras estudiadas en el 2003 y 2004 se pueden observar en el Cuadro 8. Se debe de notar que el coeficiente de variación del peso total es el que presenta una mayor variabilidad tanto en el 2003 (44.0) como en 2004 (18.9) cuando se comparan con la longitud, altura y diámetro. Además, los coeficientes encontrados en el 2004 son más bajos que los hallados en el 2003.

Cuadro 8. Diferencias entre el coeficiente de variación de las muestras estudiadas en Los Diamantes en el 2003 y el 2004.

	Peso	Longitud	Altura	Diámetro
2003	44.0	14.5	14.2	16.0
2004	18.9	5.7	6.8	9.2

Análisis de gónada y huevos:

Las Figs. 20-22 presentan las gónadas de *A. trapesialis* durante la estación seca (Fig. 20) y durante la estación lluviosa (Fig. 21). Nótese el poco desarrollo de las gónadas durante la estación seca al compararse con la estación lluviosa. Asimismo, nótese el hermafroditismo existente en esta especie (Fig. 22) como ha sido documentado por otros autores. En la Fig. 22 se puede observar la forma en que se arreglan los óvulos y los espermatozoides en sus respectivas secciones.



Fig. 21. A) Sección transversal de la gónada de *A. trapesialis* mostrando óvulos en desarrollo. B) Sección transversal de la gónada de *A. trapesialis* mostrando espermatozoides y óvulos maduros. (2004)

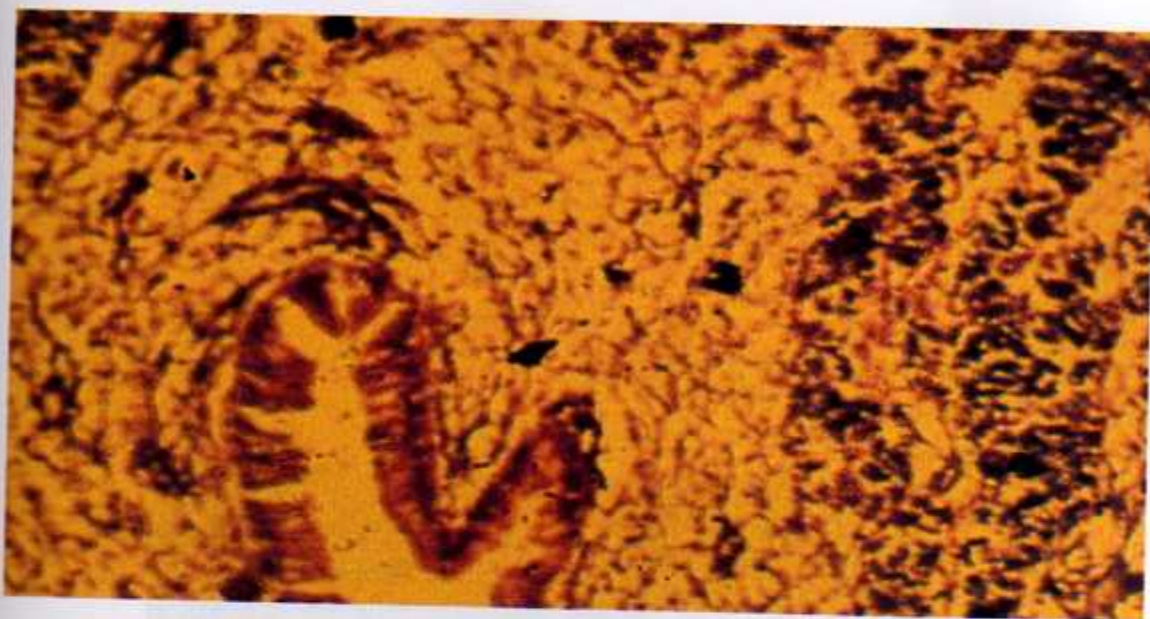


Fig.20. Sección de la gónada de *A. trapesialis* durante la estación seca mostrando a la derecha la parte masculina y a la izquierda a parte femenina. Nótese el poco desarrollo de la parte femenina. (20x)

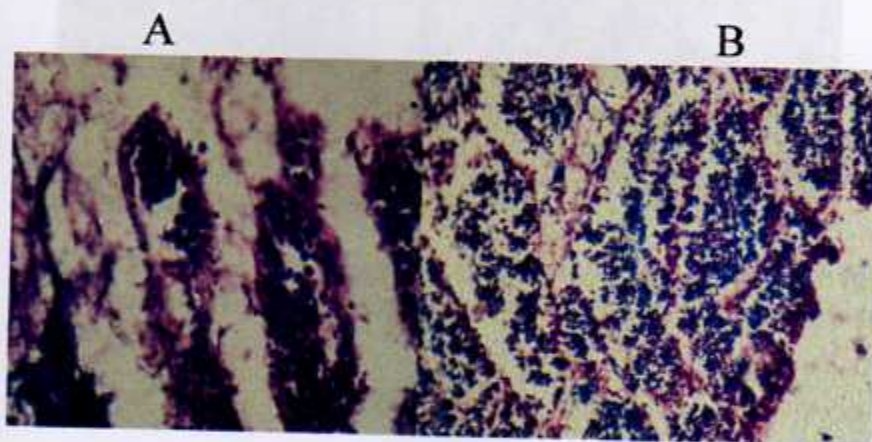


Fig.21. A) Sección femenina de la gónada de *A. trapesialis* mostrando óvulos en desarrollo. B) Sección masculina de la gónada de *A. trapesialis* mostrando espermias no totalmente maduros. (20x)

La Fig. 21 presenta huevos de *A. trapesiali* en distintos estados de desarrollo y la Fig. 22 muestra huevos ya desarrollados, diferenciados por el tamaño entre machos y hembras, facilitando así el hecho de que sea tan sencilla determinar el sexo de los machos y hembras.

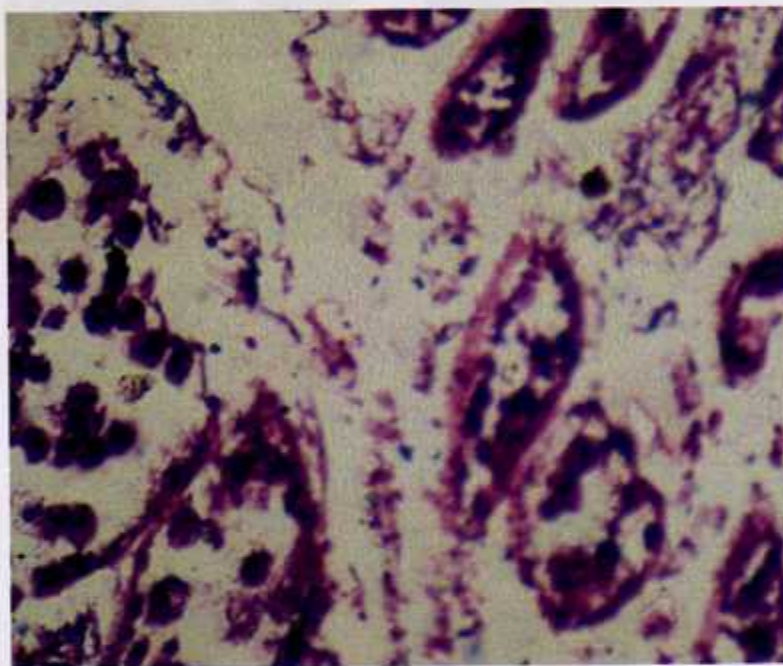
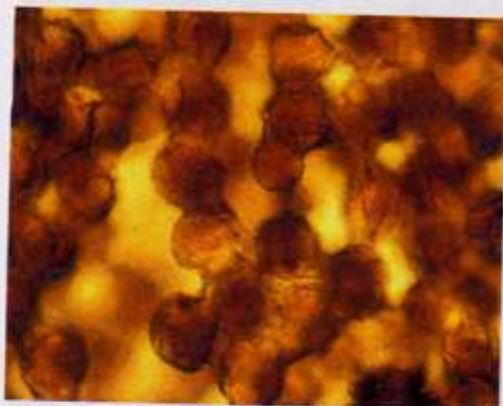
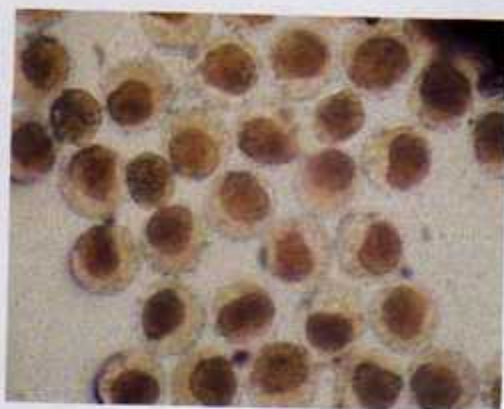


Fig. 22. Sección de la gónada de *A. trapesiali* durante la estación lluviosa. Mostrando la parte masculina a la derecha y la parte femenina a la izquierda. (20x)

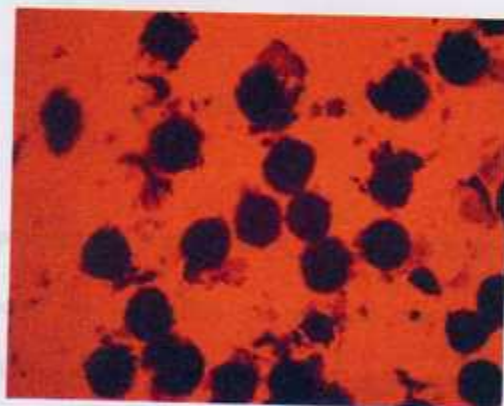
La Fig. 23 presenta huevos de *A. trapesialis* en distintos estados de desarrollo y la figura 24 muestra huevos ya fecundados, indicando que debe haber otro factor que haya influido en el hecho de que no fue posible reproducir esta especie en Los Diamantes.



A



B



C

Fig.23. A) Huevos con formación temprana de desarrollo. B) Huevos en estado de desarrollo. C) Huevos en estado de desarrollo avanzado. (20x)

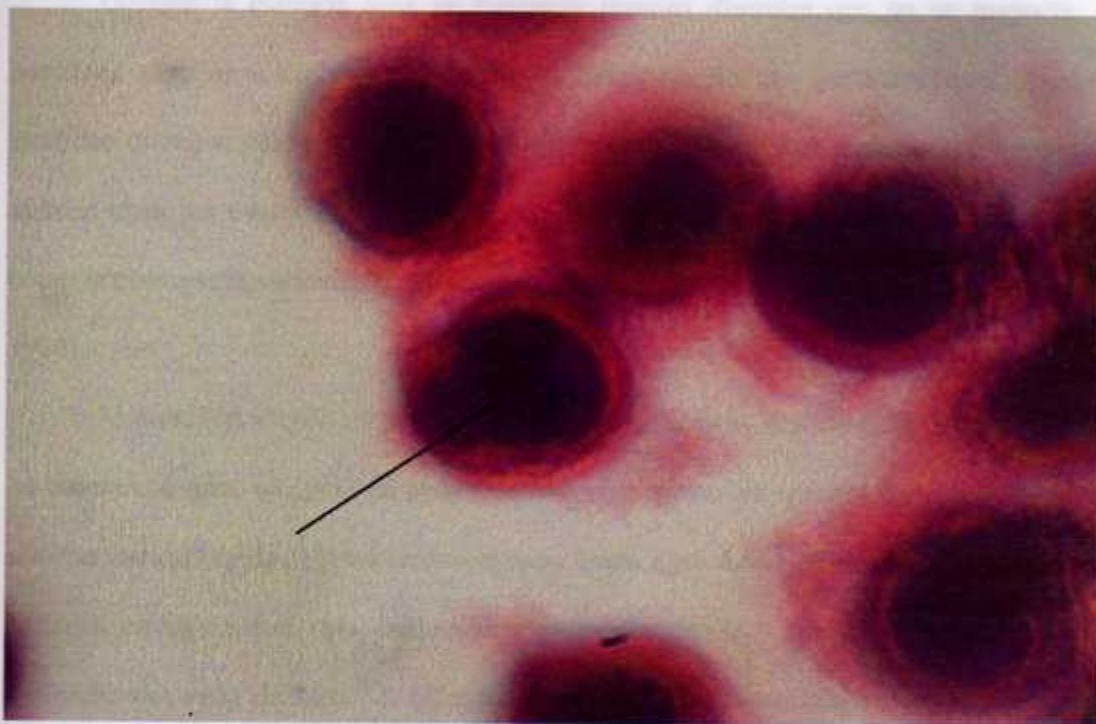


Fig. 24. Huevos ya fecundados. Nótese el estrangulamiento que va a conducir a una división. (40x)

DISCUSIÓN

Cuando se compararon y analizaron las muestras tomadas en 2003 y 2004 se observó una diferencia en sus tallas, tal y como quedó demostrado al aplicarse la prueba U de Mann-Whitney ($p < 0.01$) tanto a la longitud de la concha como al diámetro y a la altura (Cuadros 1 y 2, Figs. 2-4). Si bien las muestras se obtuvieron a principios de año (febrero-marzo) en años distintos, las condiciones climáticas de la estación seca fueron bastante similares, con una precipitación promedio mensual durante los primeros cuatro meses menor a los 100 mm (Fig. 11).

Durante la estación seca se formaron lagunas discretas que en su mayoría, perdieron comunicación con los canales o caños por lo que permanecieron como sistemas cerrados por un periodo de varios meses. Durante este periodo las lagunas pierden agua por evaporación, filtración o ambos, lo que hace bajar su nivel trayendo como consecuencia variaciones en las condiciones físico-químicas (Campos & Umaña 1986).

El área muestreada en el 2003 (laguna Sebastián) es una de estas lagunas que perdieron una gran cantidad de agua pudiéndose observar un número considerable de almejas muertas en los lugares en donde ya no había agua. Los ejemplares colectados se hallaron en aguas con una profundidad promedio de 32.5 cm y una temperatura promedio del agua de 26.5 ° C (Cuadro 3) y presentaron una longitud de la concha promedio de 76.69 ± 29.1 (12.5-130) mm (Cuadro 1). Por el contrario, la laguna muestreada en el 2004 presentó agua todo el año con una profundidad promedio en la estación seca de alrededor de un metro y una temperatura promedio de 24 ° C (Cuadro 3). Los ejemplares allí colectados presentaron en promedio una longitud de concha de 120.7 ± 12.96 (80-150) mm (Cuadro 2). De la Fig. 5 se observó que en la laguna Sebastián durante la estación seca hay individuos de todas las tallas en su longitud de concha, siendo la frecuencia más común aquella entre 60-75 mm (30%). Esto contrasta con lo encontrado por Villalobos *et al.* (1985) y Cruz & Courrau (1986) en el brazo muerto del río Sixaola. Estos autores no hallaron tallas pequeñas durante sus trabajos, y por el contrario, la población presentaba una longitud promedio (111.6, 63-140 mm) muy similar a la hallada en este trabajo para la laguna muestreada en la estación seca en el 2004 (120.7, 80-150), esto parece estar relacionado con las condiciones físicas de

ambos lugares que son muy similares. Se debe de recordar que tanto el brazo muerto del río Sixaola como la laguna muestreada en el 2004 presentaban un sustrato compuesto por un material floculado, pero además se trataba de lagunas relativamente aisladas de la masa de agua de los ríos.

Las diferencias en la distribución de tamaño entre los dos sitios (Fig. 5-10) al parecer están relacionada fundamentalmente con las diferencias físicas existentes y con la intensidad de la depredación en concordancia con lo expuesto por Connell (1975). Este autor considera que la distribución y abundancia de los organismos de vida libre está determinada principalmente por tres factores: disponibilidad de alimento, intensidad de la depredación, y los requerimientos físicos del ambiente.

Para los moluscos de agua dulce, entre los requerimientos físicos del ambiente se pueden citar la velocidad del agua, la profundidad de ésta y el tipo del sustrato (Strayer *et al.* 1994, Hornbach *et al.* 1996). La profundidad tiene un impacto importante en los moluscos dulceacuícolas ya que la desecación puede llevar a altas mortalidades (Hornbach *et al.* 1996); sin embargo, esta profundidad puede variar de acuerdo a las especies. Es así como en *Quadrula fragosa* no se encuentran individuos a profundidades menores a 0.42 m (Hornbach *et al.* 1996). Para *Margaritifera margaritifera*, la profundidad óptima es de 0.3-0.4 m aunque es posible encontrar individuos a una profundidad de 0.10 m (Hastie *et al.* 2000). En *Fossula fossiculifera* la profundidad mínima es de 0.70 m (Avelar 1993) y en *Mycetopoda legumen*, los individuos pueden encontrarse enterrados en fondos cubiertos por una delgada capa de agua de pocos centímetros (Veitenheimer & Mansur 1978). Bows & De Szalay (2004), encontraron que de 15 especies de uniónidos que habitan el Lago Erie (EEUU) sólo dos

eran capaces de vivir en aguas con profundidades menores a los 17 cm. Layzer y Madison (1995), encontraron que un 72% de todas las almejas estudiadas en Horse Lick Creek (EEUU) se encontraban en profundidades que iban de los 7-30 cm y que sólo un 3% se hallaban en profundidades mayores a 51 cm. Cruz y Courrau (1986), encontraron individuos de *Anodontites trapesialis glaucus* en un brazo muerto del río Sixaola a una profundidad promedio de 1.5 m. Campos (1973), encontró la densidad máxima en el Lago Sauce, Perú, de *Anodontites trapesialis trapesialis* a un metro y a tres metros ya no era posible encontrar individuos. En nuestro caso, los especímenes colectados en la laguna Sebastián se hallaban a una profundidad promedio de 32.5 cm. Como se ve en el Fig. 2 los individuos de esta laguna presentan una longitud de concha promedio menor a los 80 mm. Se ha sugerido que los individuos que habitan áreas poco profundas están más expuestos a sus depredadores y a cambios drásticos en la temperatura (Bowers & De Szalay 2004).

También, se sabe que la temperatura del agua juega un papel importante en las respuestas metabólicas del individuo (Amador 1983), el ciclo reproductivo anual (Hastie & Young 2003), la tasa de crecimiento y la duración de esta tasa (Morris & Corkum 1999).

Para las especies tropicales, y en el caso de *A. trapesialis*, la temperatura no parece jugar un papel preponderante en relación con las diferencias de tallas encontradas en los dos sitios, ya que las temperaturas en las dos áreas muestreadas en Caño Negro fueron muy similares (Cuadro 3).

El nivel de oxígeno disuelto puede afectar el comportamiento y la supervivencia de las almejas, esto fue comprobado por Sparks & Strayer (1998), los autores

encontraron que bajas concentraciones de oxígeno en los sedimentos pueden provocar una mayor tensión sobre los individuos juveniles que los podrían llevar hasta la muerte. En la laguna Sebastián, en donde se hallaron las tallas más pequeñas, la concentración de oxígeno en el agua fue de 3 mg/l, (Cuadro 3) mientras que en la laguna muestreada en el 2004 la concentración de oxígeno fue de 5 mg/l (Cuadro 3). Al parecer, la concentración de oxígeno no parece ser tampoco un factor tan importante para determinar las diferencias entre las tallas en las dos lagunas muestreadas, ya que esta especie puede encontrarse en ambientes bastante eutroficados.

El sustrato en donde se encontró a *A. trapesialis* fue variado (Cuadro 3). En la laguna Sebastián se encontraron sumergidas dentro de un limo arcilloso muy fino con material orgánico en descomposición mientras que la laguna muestreada en el 2004 presentaba un tipo de sustrato muy parecido al encontrado por Villalobos *et al.* (1985), en un brazo del Río Sixaola el cual consistía en un fondo arcilloso cubierto por una materia floculada. Esta almeja tiene la capacidad de vivir en distintos tipos de fondo con sedimentos arenosos, pedregosos, limoarenosos o hasta más finos tanto en ambientes lénticos como lóticos (Campos 1973, Castella & Landoni 1990); Sin embargo, Campos (1973), no encontró individuos en fondos de roca compacta. A diferencia de esta especie, *A. ferrarisi*, un micetopódido del Uruguay prefiere ambientes lóticos con fondos de arena gruesa, con poco limo o entre piedras y cascajo (Mansur & Olazarri 1995). *N. tempisqueensis* prefiere fondos de arena áspera hasta fina con piedras y con poco fango presentes en ambientes lóticos (Amador 1983). *Margaritifera falcata* alcanza las densidades y el tamaño máximo en ríos con grandes cantos rodados (> 1 m) que posiblemente den estabilidad a la arena intestical (Hastie *et al.* 2000).

Margaritifera auricularia alcanza sus densidades máximas a medida que la materia fina del sustrato (arena o fango) disminuyen y aumenta el contenido de piedra (Araujo & Ramos 2000), una situación similar fue comprobada para *Margaritifera margaritifera*, esta especie alcanza sus máximas densidades en ambientes con cantos rodados y su número iba en aumento a medida que el material fino intersticial iba en aumento también. Asimismo, los adultos de esta especie podían vivir en condiciones fangosas, algo que los juveniles no pueden hacer (Haster *et al.* 2000).

Sin embargo, en condiciones de laboratorio en donde se les pone a escoger entre sustratos arenosos o fangosos, algunas especies que habitan ambientes arenosos en la naturaleza, escogen los ambientes fangosos, lo anterior puede estar relacionado a que el fango es penetrado más fácilmente lo que permite escapar de los depredadores tales como peces u aves además que es un sustrato mas rico en nutrimentos (Downing *et al.* 2000, Bowers & De Szala 2004). Algunos autores han sugerido que la estructura de población de los uniónidos está relacionado a la estabilidad que ofrece el sustrato y el hábitat que ofrece en lugar del tamaño de las partículas de éste (Hornbach *et al.* 1996).

Los resultados observados en el campo concuerdan con la opinión generalizada entre los diversos autores, cuando afirman que los unionoideos pueden tolerar un amplio ámbito de microclimas (Strayer 1981).

Con respecto a la alimentación, se ha comprobado que los juveniles de algunos uniónidos crecen más rápido cuando se les permite alimentarse de los sedimentos en comparación con aquellos que se alimentan sólo por filtración (Vaughn & Hakenkamp 2001), lo anterior se debe probablemente a que los sedimentos aportan una fracción adicional de alimento.

Las almejas de agua dulce constituyen el alimento de numerosos invertebrados y vertebrados acuáticos tales como cangrejos, aves, tortugas, peces y mamíferos pequeños (Castellanos & Landoni 1990). En algunos mamíferos se ha observado una depredación selectiva con relación al tamaño de la almeja y se ha sugerido que esta selectividad es para maximizar la energía (Homback & Tyrrel 1997); sin embargo, en nuestro caso, no parece existir ninguna selectividad ya que a medida que las lagunas se van secando, los individuos van quedando expuestos a sus depredadores. Es posible que las aves sean las principales depredadoras de los bivalvos durante la estación seca, en especial en las lagunas que son poco profundas.

PORCENTAJE DE CARNE

El porcentaje de carne fresca por peso fue de 39% . Este valor fue menor al encontrado por Cruz y Villalobos (1984) de 58% para *Glabaris luteolus* en 28 Millas, Limón, y de 55.4% encontrado por Cruz *et al.* (1984) para la misma especie en Cañas, Guanacaste; sin embargo, este valor de 39% es muy superior al encontrado por Ruiz (1995) para *Polymesoda radiata*, de 12% , o de *Anadara tuberculosa* de 18.3% , bivalvos de ambientes estuarinos (Cruz *et al.* 1984), también es similar al encontrado para *Tagelus peruvianus*, de 38%, *Mytilus edulis*, de 42.4%, y para *M. Chilensis*, de 44.8% (Cruz *et al.* 1984). Cuando se compararon los resultados obtenidos en este trabajo con los obtenidos por Cruz y Courrau (1996), para *Anodontites trapesialis glaucus*, del Sixaola, se encontró que el promedio hallado para esta relación fue muy superior (51.33%); sin embargo, el valor mínimo fue de 34.8% hallado en el mes de

marzo, muy similar al encontrado en este trabajo de 39%, también durante el mes de marzo. Los autores aducen que esto puede deberse a la baja precipitación (27 mm), lo cual implica un desarrollo gonadal muy bajo, ya que las condiciones ambientales no serían las más favorables para la reproducción. Cruz *et al.* (1984), encontraron los valores más altos de porcentaje de carne y el mayor porcentaje de hembras con gloquidios en *Glabaris luteolus* en Cañas, Guanacaste, durante el mes de mayo, el cual es el de mayor precipitación pluvial en la zona (Villalobos & Cruz 1984). Se debe de recordar que parte del ciclo de vida de esta especie se lleva a cabo como parásito de peces.

COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LA CARNE

Los resultados de la composición bioquímica de la carne de *Anodontites trapesialis* (Cuadro 5) indican valores relativamente altos de proteínas (61.32%) en comparación con carbohidratos (17.53%), ceniza (12.64%) y lípidos (8.51%), estos valores se asemejan a los obtenidos por Campos (1973), para *A. trapesialis trapesialis* en el Perú. Este autor encontró un porcentaje de proteína también alto (51.27%) y un valor bajo de grasas (7.42%). Lo anterior indica que estas especie se pueden utilizar como una fuente alternativa de alimento ya que son ricas en proteínas y contienen poca grasa. Asimismo, si se comparan los valores con los obtenidos por Cruz y Villalobos (1993), para *Mytella guyanensis*, un bivalvo de ambientes salobres, encontramos que estos autores obtuvieron un valor promedio de proteínas de 58.61% (51.5%-68.7%) y de lípidos de 7.61% (12.7%-6.4%) muy similar a los obtenidos en el presente trabajo; sin embargo, si se comparan estos valores con los obtenidos por Ruiz (1995), para la

almeja verde, *Polymesoda radiata*, otro bivalvo de ambientes salobres, encontramos que esta última almeja contiene en promedio porcentajes de proteínas más altos, 78.29%, (75.18%-82.29%) y de lípidos muy similares, 9.52% (8.39%-12.12%) a los hallados en este trabajo. El porcentaje de carbohidratos encontrado en este trabajo, 17.53%, es intermedio entre los encontrados por Cruz y Villalobos (1993) de 22.78% (17.1%-30.9%) pero superiores a los encontrados por Ruiz (1995) de 5.78% (3.35%-10.19%). Con relación al porcentaje de ceniza (12.64%), este es ligeramente inferior al encontrado por Campos (1973) de 16.03% y similar al encontrados por Cruz y Villalobos (1985) de 12.0% (10.4-19.6) pero superior al encontrado por Ruiz (1995) de 6.4% (4.0%-10.9%). Como se puede ver, la composición bioquímica de la carne en la estación seca de *A. trapesialis* contiene valores intermedios de proteínas, lípidos, carbohidratos y ceniza cuando se comparan con otras almejas o mejillones de ambientes salobres.

TASA DE CRECIMIENTO Y MADUREZ

Las figuras 12 y 13 presentan la precipitación mensual en la Estación Los Diamantes, en Guápiles y la temperatura del agua del estanque en donde se mantuvieron los especímenes. Nótese que la precipitación oscila desde 100 mm hasta unos 1000 mm de agua con tres picos, dos a mediados de año, y otro a finales de año. Con relación a la temperatura del estanque, esta se mantuvo siempre entre 24°C - 29°C.

Con respecto a la tasa de crecimiento observada en la estación Los Diamantes, se pudo constatar que los individuos traídos de Caño Negro en el 2003, presentaron un

rápido aumento en la talla durante los primeros meses del año y ya para la segunda mitad del año, este crecimiento tiende a disminuir (Fig. 14) mientras que los individuos traídos en el 2004 tienen una tasa de crecimiento mucho menor (Fig. 15) y concuerda con lo observado para otros bivalvos tropicales. Así por ejemplo, Villalobos *et al.* (1982), encontraron que para *Glabaris luteolus* en la Estación 28 Millas, Limón, la talla que más aumentaba tanto su longitud como su diámetro era la comprendida entre los 45-65 mm, mientras que aquella que presentó el incremento más bajo fue la talla con individuos mayores a los 107 mm de largo de su concha. Situación similar encontraron Villalobos & Cruz (1984), para *Glabaris luteolus* en Cañas, Guanacaste. Estos autores encontraron nuevamente que la talla que mensualmente presentaba un mayor incremento era la comprendida entre los 45-65 mm, mientras que la de menor incremento era aquella con individuos que presentaban una longitud de concha mayor a los 107 mm.

Asimismo, Villalobos *et al.* (1982), encontraron que en 28 Millas *G. luteolus* tuvo un incremento en la longitud de su concha en cuatro meses de tan sólo 8 mm en promedio, mientras que en Cañas, Guanacaste, Villalobos & Cruz (1984), encontraron un incremento en la longitud de su concha en seis meses de 22.1 mm en promedio. En este trabajo se encontró que los individuos con una longitud de concha comprendida entre los 45-65 mm presentaron un incremento de 18.4 mm en seis meses. Este resultado parece corroborar la idea de que aguas con una baja alcalinidad afectan el desarrollo y crecimiento de *A. trapesialis* y concuerda con el pH ligeramente mayor a 7 que se midió.

Con respecto al peso total de los individuos (Fig. 16 y 17) se pudo observar que ambas muestras tienen la misma tendencia a estabilizarse en alrededor de los 100 g para la segunda mitad del año. Además, la muestra del 2003 mostró una mayor variación en sus datos al darse una mayor desviación estándar.

La disminución en la tasa de crecimiento de *A. trapesialis* parece estar relacionado con el hecho de que una mayor fracción de la población alcanza la madurez para la segunda mitad del año, lo cual coincide con los meses más lluviosos (Fig. 11), haciendo que las lagunas estén con suficiente agua para que haya peces hospederos de sus larvas y/o de que es en esa época la población alcanza sus mayores tallas. La longitud máxima reportada por Cruz & Courrau (1986), para *A. trapesialis glaucus* en el brazo muerto del Río Sixaola fue de 140 mm, mientras que Veitenheimer (1973), encontró una talla máxima de la concha para *A. trapesialis forbesianus* de 143 mm recolectada en el sur del Brasil. En el presente trabajo la talla máxima que se reportó fue de 117 mm en la Estación Los Diamantes; sin embargo, en Caño Negro se encontró una longitud de concha de hasta 150 mm.

El efecto que produce la precipitación parece ser diferente con respecto a la actividad reproductiva cuando se trata de ríos. Así por ejemplo, Amador (1983) encontró una relación inversa entre precipitación y crecimiento poblacional y una alta actividad reproductiva al inicio del verano (noviembre a enero) y durante el "veranillo" (junio a agosto). Esto se debe posiblemente a que en los ríos durante la época de mayor precipitación, las larvas serían arrastradas o se perjudicaría la abundancia, distribución y movimiento de los peces que sirven como hospederos (Hardison & Layzer 2001).

En moluscos bivalvos (Cruz & Villalobos 1984), existe una correlación directa entre el peso total y el largo de la concha ($r=0.976$) y una menor entre altura y diámetro de la concha ($r=0.872$) para los individuos estudiados durante el 2003 en la estación Los Diamantes (Cuadro 6 y Fig. 18); sin embargo, cuando se realizó el mismo análisis para los individuos colectados en el 2004 se notó que esa correlación era mucho menor. Así por ejemplo, entre peso total y longitud la correlación fue menor ($r=0.62$), mientras que para altura y diámetro fue de 0.41 y para la longitud y diámetro fue de tan sólo 0.275, siendo todas positivas (Cuadro 7 y Fig. 19). Los valores de correlación encontrados por Cruz & Villalobos (1984), para *Glabaris luteolus* en 28 Millas, Limón, fueron muy similares a los hallados en el 2003 en este trabajo. Así, el coeficiente de correlación entre el peso total y el largo de la concha fue de 0.90; entre longitud y altura, de 0.95; entre longitud y diámetro, de 0.90, y entre altura y diámetro de la concha, de 0.85. Cruz *et al.* (1984), encontró también valores altos de correlación para *G. luteolus* en Cañas, Guanacaste. Estos autores hallaron una correlación de 0.97 entre la longitud total y el alto, 0.95 entre la longitud total y el diámetro, 0.93 entre longitud total y peso total, 0.92 entre la altura y el diámetro, 0.90 entre la altura y el peso total, y de 0.91 entre el diámetro y el peso total. Ruiz (1995), encontró asimismo valores altos de correlación para *Polymesoda radiata*, en el río Bebedero, Guanacaste. Este autor encontró una correlación de 0.97 para la longitud total y el diámetro, de 0.99 entre la longitud total y la altura, de 0.93 entre la altura total y el peso total, de 0.99 entre el diámetro y la altura, de 0.93 entre el diámetro y el peso total y de 0.93 entre la altura y el peso total.

Los valores bajos de coeficiente de variación encontrados tanto en la muestra estudiada durante el 2003 como la estudiada en el 2004 (Cuadro 8) ratifican lo señalado por Cruz & Courrau (1986), cuando dicen que dichos valores son útiles para la descripción y comparación con otras especies y subespecies. Así, Cruz & Villalobos (1984), encontraron valores de coeficiente de variación para *G. luteolus* en 28 Millas, Limón de 15.3 para la longitud de la concha, de 15 para la altura, de 13.8 para el diámetro y de 42 para el peso total. Por su parte, Cruz *et al.* (1984), encontraron para la misma especie en Cañas, Guanacaste, valores de 21 para la longitud total de la concha, de 19.3 para la altura, de 21.7 para el diámetro y de 66 para el peso total. Cruz & Courrau (1989), obtuvieron valores de coeficiente de variación de 13.9 para la longitud total de la concha, de 12.2 para la altura, de 15.9 para el diámetro y de 22.64 para el peso total. Ruiz (1995), encontró coeficientes de variación de 23.9 para la longitud total, de 22.7 para la altura, de 23.2 y de 51.3 para el peso total. Como se puede observar, en todos los casos el coeficiente de variación más alto fue el del peso total. Lo anterior posiblemente se deba a que el peso total incluye el agua que ha quedado dentro del organismo.

Al comparar las figuras 19 y 20 se puede notar el poco desarrollo existente en las gónadas durante la estación seca en Caño Negro (Fig. 20); sin embargo, después de seis meses de estar los especímenes en la Estación, las gónadas presentaban un desarrollo mayor (Fig. 21). Esto parece coincidir con el hecho de la poca precipitación presente en la estación seca lo que haría poco probable que existiese alguna reproducción. La sección macho y hembra de las gónadas se encuentran separadas (Fig. 22) estando la femenina formada por numerosos folículos con células reproductivas en diferente

estado de desarrollo y la masculina compuesta por ramificaciones sacciformes en cuyo interior se encuentran masas esféricas de espermatozoides tal y como lo han descrito Castellanos & Landoni (1990).

Esta especie, a diferencia de *Glabaris luteolus* y de la mayoría de los moluscos bivalvos que son dioicos (Cruz *et al* 1984, Ruiz 1995), es hermafrodita (Fig. 22) como sucede en general con los miembros de la familia Mycetopodidae (Castellanos & Landoni 1990); sin embargo, no se sabe si ocurre autofecundación.

Durante el periodo de estudio no fue posible observar larvas en ningún estado de desarrollo, pero sí se observaron huevos en distintos estadios (Fig. 23). Al inicio en algunos casos se encuentran en grupos cubiertos por un mucílago y a medida que van madurando, se van separando, pero siempre tienen mucílago (Fig. 23). Los huevos una vez fecundados son retenidos en las branquias internas para su incubación (Fig. 24)

Se sabe que esta especie puede vivir en una gran variedad de hábitat, que incluyen ambientes tanto lóticos como lénticos con muy diversos sustratos (Villalobos *et al.* 1985, Castellanos & Landoni. 1990, Mansura *et al.* 1994, este trabajo). Además, a diferencia de otras especies, especialmente de zonas templadas (Haag & Warren 1999, Haag *et al.* 1999), presentan una gran variedad de peces hospederos, entre ellos a la tilapia (Silva-Souza & Eiras 2002). En las zonas templadas se ha observado que en algunas poblaciones de uniónidos el reclutamiento ha sido mínimo o casi nulo, y se le ha atribuido a la disminución de la temperatura diaria del agua (Hardison & Layzer 2001); sin embargo, esto no sucede en las zonas tropicales ya que la temperatura del agua varía poco (24° C – 29° C) si se compara con la temperatura del agua en las zonas templadas. El bajo reclutamiento que ocurrió en la Estación Los Diamantes puede estar

relacionado al pH y la alcalinidad del agua de los estanques, cuando se analizaron estos dos parámetros se pudo comprobar que el pH era prácticamente neutro (7.0) y una alcalinidad de 6.84 mg CaCO_3/l . un pH bajo es usualmente inapropiado para los moluscos (Martins-Silva & Barros 2001). Es de esta manera que se ha comprobado que aguas con un pH de 7.0 reducen grandemente el reclutamiento en poblaciones de uniónidos del género *Lampsilis* (Downing 1999). Si bien los datos de pH que se tienen de Caño Negro indican que es una laguna ligeramente ácida (6.63), los valores de alcalinidad son superiores (20.5 mg CaCO_3/l) (G. Umaña, com. pers. 2003) a los encontrados en la Estación Los Diamantes. Esto parece indicar que aunque no fue posible observar larvas (debido posiblemente a que se contó con muestras pequeñas para abrir mensualmente), éstas si se formaron, (fue posible observar huevos en distintos estadios de desarrollo), pero debido al bajo contenido de carbonato de calcio no lograron formar la concha embrionaria, una vez liberadas del quiste que forman en su hospedero y mueren. Al parecer, el factor limitante más importante para *A. trapesialis* en la estación Los Diamantes es la baja concentración de carbonato de calcio en el agua. Esto concuerda con lo señalado por Fuller (1974) cuando afirma que la alcalinidad puede ser un factor muy importante en algunos moluscos dulceacuícolas y que estos requieren por lo menos una alcalinidad total de 15 mg CaCO_3/l . Debe tenerse claro que las etapas juveniles del ciclo de vida de los organismos acuáticos es la más sensible (Hardison & Layzer 2001).

En lugares donde hay una gran riqueza de *Margaritifera auricularia* en España, las aguas contienen valores de carbonato de 150 mg CaCO_3/l , (Araujo & Ramos 2000).

Se puede encontrar asimismo especies de uniónidos en lagos con alcalinidades de 93.4 mg CaCO₃/l.

Esta especie, *A. trapesialis*, presenta un pequeño pico reproductivo durante el tercer trimestre del año (julio, agosto, setiembre), ya que durante el segundo trimestre fue posible observar una mayor cantidad de huevos en estados de desarrollo más avanzado., este pico coincidiría con la parte final de los meses más lluviosos en Caño Negro (Fig. 11), garantizando probablemente que las lagunas estén lo suficientemente llenas para contener a sus hospederos; sin embargo, siempre una fracción de la población presentó huevos. Por su parte, Cruz & Courrau (1986), encontraron en *A. trapesialis glaucus* en el Sixaola huevos presentes todo el año con liberación de los lasidios a partir de junio que coincide con un incremento en la precipitación mensual. En Sur América, esta especie presenta huevos a finales de marzo y la aparición de los lasidios para julio y agosto (Castellanos & Landoni 1990).

Por el contrario en las especies de zonas templadas, se pueden diferenciar dos patrones de incubación, uno de corto plazo, en el cual la almeja produce sus gametos en la primavera y las larvas son liberadas hasta que estén totalmente desarrolladas al final de la primavera o en el verano. El otro patrón, el de largo plazo, los gametos se desarrollan al final del verano, incuban sus larvas durante el invierno y las liberan al inicio de la primavera. Al parecer la temperatura juega un papel muy importante en la duración del periodo reproductivo (Haag *et al.* 1999, Hastie & Young 2003), cosa que aparentemente no sucede con los unionoideos tropicales ya que como se pudo constatar en este trabajo fue posible observar huevos prácticamente desde marzo hasta diciembre, con excepción del mes de enero y febrero en donde las gónadas que se examinaron

estaban flácidas y sin huevos coincidiendo con los meses de menor precipitación en Caño Negro, y ratifica lo señalado por otros autores (e.g. Cruz *et al.* 1984, Cruz & Courrau 1988, Hastie & Young 2003).

CONCLUSION

- 1) *Anodontites trapesialis* es un bivalvo dulceacuícola que habita en distintas lagunas con diferentes condiciones ambientales en la Reserva Biológica de Caño Negro en la provincia de Guanacaste.
- 2) Durante la estación seca en las distintas lagunas se halla diferencias morfológicas muy significativas ($p < 0.01$) en sus conchas.
- 3) El porcentaje de carne fresca por peso hallado en este trabajo es intermedio (39%) al hallado por otros autores.
- 4) *A. trapesialis* presenta porcentajes altos en su composición bioquímica de proteínas (61.32%) y porcentajes bajos en carbohidratos (17.53%) y lípidos (8.51%).
- 5) Una fracción de la población produjo constantemente huevos en Los Diamantes.
- 6) Una alcalinidad baja parece afectar el reclutamiento ya que impiden la formación de una concha embrionaria por existir concentraciones bajas de carbonatos.
- 7) *A. trapesialis* al parecer presenta un pequeño pico reproductivo durante el tercer trimestre del año.

- 8) Se evidenció que *A. trapesialis* a diferencia de la mayoría de los bivalvos es una especie hermafrodita.
- 9) Los individuos con tallas pequeñas crecen relativamente rápido en la Estación los Diamantes durante la primera mitad del año y disminuyen su tasa de crecimiento para la segunda mitad del año cuando las lagunas en Caño Negro contienen buena cantidad de agua y peces hospederos.
- 10) Los individuos de *A. trapesialis* tienen una tasa de crecimiento menor que *G. luteolus* en Cañas, Guanacaste pero una tasa de crecimiento mayor que *G. luteolus* en 28 Millas, Limón.
- 11) Existe una correlación directa entre el aumento del peso total, de la longitud, del diámetro y de la altura de la concha en los individuos estudiados durante el 2003 en Guápiles
- 12) Los individuos estudiados en el 2004 crecen muy poco durante el año y la correlación entre el peso total, longitud, altura y diámetro es menor.
- 13) Los coeficientes de variación son bajos con excepción del peso de los individuos colectados en el 2003.
- 14) Con relación a los aspectos biométricos para su uso en policultivos, *A. trapesialis* alcanza excelentes tamaños.
- 15) Con respecto al porcentaje de carne fresca, y su uso potencial en policultivos, *A. trapesialis* presenta valores altos, en especial si se compara con bivalvos de ambientes salobres.

- 16) Con respecto a la composición bioquímica de la carne y el uso potencial en policultivos, *A. trapesialis* presenta valores que la hacen una especie atractiva para este fin.
- 17) Con relación al ciclo de vida y el uso potencial de *A. trapesialis* en policultivos, esta especie se ve afectada al parecer por los niveles bajos de alcalinidad presentes en el agua y debe tomarse en cuenta este factor cuando se desea usar esta especie en policultivos
- 18) Comparando *Anodontites trapesialis* con *Glabaris luteolus* para fines comerciales se recomienda a la segunda ya que su cultivo parece ser más fácil.

LITERATURA CITADA

- Amador, M. E. 1983. The ecology of a freshwater clam, *Nephronaias tempisquensis* Pilsbry (Unionidae) in a seasonal tropical environment. Ph. D. Thesis, Tulane University, USA. 143 p.
- AOAC. 1980. Association of Official Analytic Chemist Official Methods of Analysis of the AOAC. AOAC, Washington, D. C. 1141 p.
- Araujo, R. & M.A. Ramos. 2000. Status and Conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1796) (Bivalva: Unionoida). Biological Conservation 96: 233-239.
- Avelar, W.E. 1993. Functional anatomy of *Fossula fossiculifera* (D'Orbigny, 1843) (Bivalvia: Mycetopodidae). Amer. Malacol. Bull. 10(2): 129-138.
- Bogan, A. 1993. Freshwater bivalve extinction (Mollusca: Unionoida): a search for cause. Amer. Zool. 599-608.

- Bowers, R. & F. A. De Szalay. Effects of Hydrology on Unionids (Unionidae) and Zebra Mussels (Dreissenidae) in a Lake Erie coastal wetland. *Am. Mid. Nat.* 151: 286-300.
- Campos B., L. E. 1973. Estudio bromatológico y de algunos aspectos biológicos de la *Anodontites (A.) trapesialis trapesialis* (Lamarck) del Lago Sauce. Lic. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 43 p.
- Campos J. A. & G. Umaña. 1986. Las lagunas de inundación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro. *Biocenosis* 3(2): 24-26
- Castellanos, Z. J. A. de & N. A. Landoni. 1990. Fauna de agua dulce de la República de Argentina (la familia Mycetopodidae Graf 1840. Argentina. FEIC. 87 pp.
- Clarke, A. H. 1985. The tribe Alasmidontini (Unionoidae: Anodontinae), Part II: *Lasmigona* and *Simpsonaias*. *Smithsonian Contributions to Zoology* 399: 75 p.
- Connell, J.H. 1975. Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. En: *Ecology and Evolution of Communities*. Editado por: M.L. Cody & J.M. Diamond. Belknap Press, Cambridge, Mass. Pp 460-490
- Cruz, R. A., J. Rosales & C. R. Villalobos. 1984. Estudios sobre la biología de *Glabaris luteolus* (Bivalvia: Mycetopodidae). II. Biometría y aspectos reproductivos en Cañas, Guanacaste. Costa Rica. *Brenesia* 22: 147-161.
- Cruz, R. A. & C. R. Villalobos. 1984. Estudio sobre la biología de *Glabaris luteolus* (Mycetopodidae: Bivalvia) IV. Biometría y aspectos reproductivos en 28 Millas, Limón, Costa Rica. *Rev. Lat. Acui.* 21: 9-17.
- Cruz, R. A. & C. R. Villalobos. 1985. Tamaño y madurez sexual de la almeja de agua dulce *Glabaris luteolus* (Lea, 1852) (Mycetopodidae: Bivalvia). *Brenesia* 24: 371-374.
- Cruz, R. A. & J. A. Courrau. 1986. Condición y ciclo reproductivo de la almeja *Anodontites trapesialis glaucus* (Bivalvia: Mycetopodidae) en Costa Rica. *UNICIENCIA* 3 (1-2): 37-42.
- Cruz, R. A. 1990. Malacología: guía de laboratorio. Esc. Cien. Biol.. Univ. Nacional. Heredia, Costa Rica. (Prensa). 103 p.
- Cruz, R. A. & C. R. Villalobos. 1993. Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the musel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Costa Rica. *Rev. Bio. Trop.* 41(1): 93-96.

- Downing, J.A. 1999. Relationship between habitat characteristics and the extinction of lake mussels in Minnesota. A Final Report to the Minnesota Department of Natural Resources, FEI Number: 42-600-4224. 7 pp.
- Downing, J.A., H. Van Leeuwen & L.A. Di Paolo. 2000. Substrate patch selection in the lacustrine mussels *Elliptio complanata* and *Pyganodon grandis grandis*. *Freshwater Biol.* 44: 641-648.
- Fryer, G. 1959. Development in the mutelid lamellibranch. *Nature* 183:1342-1343.
- Fuller, S. L. H. 1974. Clams and Mussels (Mollusca: Bivalvia). In: Population ecology of freshwater invertebrates. C. W. Hart, and S. L. H. Fuller (eds). Academic Press, New York, N. Y. p: 215-273.
- Graf, D. L. 2000. The Etheioidea revisited: a phylogenetic analysis of Hyriid relationships (Mollusca: Bivalvia: Paleoheterodonta: Unionoida). *Occ. Papers of the University of Michigan Museum of Zoology* 729:1-21.
- Graf, D. L. & D. O. Foighil. 2000. Molecular phylogenetic analysis of 28S rDNA supports a Gondwanan Origin for Australasian Hyriidae (Mollusca: Bivalvia: Unionoida). *Vie Et Milieu* 50 (4): 245-254.
- Graf, D. L. 2001. A phylogenetic perspective of the evolution of the Unionoida (Mollusca Bivalvia Paleoheterodonta): using pattern to test hypothesis of macroevolutionary process. Ph. D. Thesis, University of Michigan, Michigan, USA. 271 p.
- Grove, E., R. Jones & W. Mathews. 1961. The loss of sodium and potassium during the dry ashing of the animal tissue. *Ann. Biochem.* 2: 221-230
- Gutierrez, M. 1967. Coloración histológica para ovarios de peces, crustáceos y moluscos. *Invest. Pesq.* 37: 265-271
- Haag, W. R. & M. L. Warren. 1999. Mantle displays of freshwater mussels elicit attacks from fish. *Freshwater Biology* 42: 35-40.
- Haag, W. R., M. L. Warren, & M. Shillingsform. 1999. How fish and host-attracting behavior of *Lampsilis altilis* and *Villosa vibex* (Bivalvia: Unionoidae). *Am. Midl. Nat.* 141: 149-157.
- Haag, W. R. & M. L. Warren. 2000. Effect of light and presence of fish on lure display and larval release behaviours in two species of freshwater mussels. *Animal Behaviour* 60: 879-886.

- Haag, W. R. & M. L. Warren. 2003. How fish and infection strategies of freshwater mussels in large Mobile Basin streams, USA. J. N. Am. Benthol. Soc. 22(1): 78-91.
- Hanley, W. F. & R. J. Neves. 1995. Chemosensory abilities of female freshwater mussels and glochidia (Unionidae). Triannual Unionid Report 7: 6.
- Hardison, B.S. & J.B. Layzer. 2001. Relations between complex hydraulics and the localized distribution of mussels in three regulated rivers. Regul. Rivers: Res. Mgmt. 17: 77-84.
- Hastie, L. C., P. J. Boon & M. R. Young. 2000. Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). Hydrobiologia 429: 59-71.
- Hastie, L.C. & M.R. Young. 2003. Timing of spawning and glochidial release in Scottish freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) populations. Freshwater Biol. 48:2107-2117.
- Hornbach, D.J., J. March, T. Deneka, N.H. Troelstrup, Jr., J.A. Perry. 1996. Factors influencing the distribution and abundance of the endangered winged mapleleaf mussel, *Quadrula fragosa* in the St. Croix River, Minnesota and Wisconsin. Am. Midl. Nat. 136: 278-286.
- Hornback, D. & M.C. Tyrrel. 1997. Selective small mammals predation on freshwater mussels from Minnesota. Annu. Meet. NABS, San Marcos, Texas. Np.
- INCOPECA. 2000. Informe de labores 1999-2000. 65 pp.
- Kabat, A. R. 1997. Correct family names for the fresh water "muteloid" bivalves (Unionoida: Etherioidea). Occasional Papers on Mollusks 5: 379-392.
- Keferl, E. P. 1995. *Anodonta woodiana* Lea, 1834 in Costa Rica. Triannual Unionid Report 7: 5.
- Layzer, J.B. & L.M. Madison. 1995. Microhabitat use by freshwater mussels and recommendations for determining their instream flow needs. Regulated rivers: research & management. 10: 329-345.
- Mansur, M. C. D., R. M. Valer & N. C. Manetzed A. 1994. Distribuicao e preferencias dos moluscos bivalves do acude do Parque de Protecao Ambiental Copesul, municipio de Triunfo, Rio Grande do Sur, Brasil. Biociencias 2: 27-45.
- Mansur, M. C. D. & J. Olazarri. 1995. Redescrção, distribuição e preferencias ambientais de *Anodontites ferarisi* (Orbigny, 1835) revalidada (Bivlavia, Unioidea, Mycetopodidae). Iheringia, Ser. Zool. 79: 3-12.

- Martínez E., R. & R. Royero. 1995. Contribución al conocimiento de *Diplodon* (*Diplodon*) *granosus granosus* Brugeri (Bivalvia: Hyriidae) y *Doryssa hohenackeri kappleri* Vernhout (Gastropoda: Melaniidae) en el alto Río Siapa (Departamento Río Negro), estado Amazonas, Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 16(1): 79-84.
- Martins-Silva, M.J. & M. Barros. 2001. Occurrence and distribution of fresh-water mollusks in the Riacho Fundo Creek Basin, Brasília, Brasil. *Rev. Biol. Trop.* 49: 865-870.
- Ministerio de Ambiente y Energía. 1995. Refugio Nacional de vida Silvestre de Caño Negro. Información publicada en Internet. 2 pp.
- Morris, T.J. & L.D. Corkum. 1999. Unionid growth patterns in rivers of differing riparian vegetation. *Freshwater Biol.* 42: 59-63
- Pilsbry, H. A. 1920. Costa Rican land and fresh water mollusk. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* 72: 2-10.
- Ruiz C., E. 1995. Ciclo reproductivo, estructura poblacional y composición bioquímica (proximal) de la "almeja verde" *Polymesoda radiata* (Hanley, 1844) (Bivalvia Corbiculidae), en la desembocadura del río Bebedero, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica. 75 pp.
- Ruiz, R. 1982. Ensayo de crecimiento en policultivo. *ASBANA* 6(17): 6-7.
- Ruiz, R. & R. Bonilla. 1982. Intentan su reproducción en policultivo con peces. *ASBANA* 6(16): 20.
- Silva-Souza, A.T. & J. C. Eiras. 2002. The Histopathology of infection of *Tilapia rendalli* and *Hypostomus regani* (Osteichthyes) by lasidium larvae of *Anodontites trapesialis* (Mollusca, Bivalvia). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 97: 431-433.
- Sparks, B. L., and D. L. Strayer. 1998. Effects of low dissolved oxygen on juveniles of *Elliptio complanata* (Bivalvia: Unionidae). *Journal of the North American Benthological Society* 17: 129-134.
- Strayer, D.L. 1981. Notes of the microhabitats of unionid mussels in some Michigan streams. *Am. Midl. Nat.* 106(2): 411-415.
- Strayer, D.L., D. C. Hunter, L. C. Smith & C. K. Borg. 1994. Distribution, abundance, and role of freshwater clams (Bivalvia, Unionidae) in freshwater tidal Hudson river. *Freshwater Biology* 31: 239-248.

- Taylor, D.W. 1993. Moluscos dulceacuícolas de Costa Rica: Introducción y lista preliminar. *Rev. Biol. Trop.* 41: 653-655
- Thomas W., G. 1997. A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater mussel *Anodonta woodiana* (Lee, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *The Veliger* 40 (2): 152-156.
- Vaughn, C.C. & C.C. Hakenkamp. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biol* 46: 1431-1446.
- Veitenheimer, I. L. 1973. *Anodontites* BRUGUIERE, 1792. NO GUAIBA-RS (BIVALVIA: MYCETOPODIDAE) I- *Anodontites trapesialis forbesianus* (Lea, 1860). *Iheringia. Ser. Zool.* 44: 32-49
- Veitenheimer, I. L. & M. C. D. Mansur. 1978. Morfología, histología e ecología de *Mycetopoda legumen* (Martens, 1888) (Bivalvia, Mycetopodidae). *Iheringia, Ser. Zool.* 52: 33-71.
- Villalobos, C. R., R. A. Cruz & A. L. Báez. 1982. Biología de la almeja de agua dulce *Glabaris luteolus* (Bivlavia: Mycetopodidae). *ASBANA* 6 (18): 13-15.
- Villalobos, C. R. & R. A. Cruz. 1984. Biología de *Glabaris luteolus* (Mycetopodidae: Bivalvia). I. Distribución de tamaño, crecimiento y mortalidad en Cañas, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35: 29-34.
- Villalobos, C. R., R. A. Cruz & A. L. Baez. 1984. Biología de *Glabaris luteolus* (Mycetopodidae: Bivalvia). III: Distribución de tamaño, crecimiento y mortalidad en "28 Millas", Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 57-61.
- Villalobos, C. R., R. A. Cruz & R. Ruiz. 1985. *Anodontites trapesialis glaucus* (Lamarck 1819) y *A. patagonicus* (Lamarck 1819) en Costa Rica (Mycetopodidae: Bivalvia). *Brenesia* 23: 301-308.
- Von Martens, E.C. 1890-1891. Land and freshwater mollusca. *Biologia Centrali-Americana*. Londres. 709 p.

ANEXOS



Fig. 25. Vista de un canal en Caño Negro en el 2003.

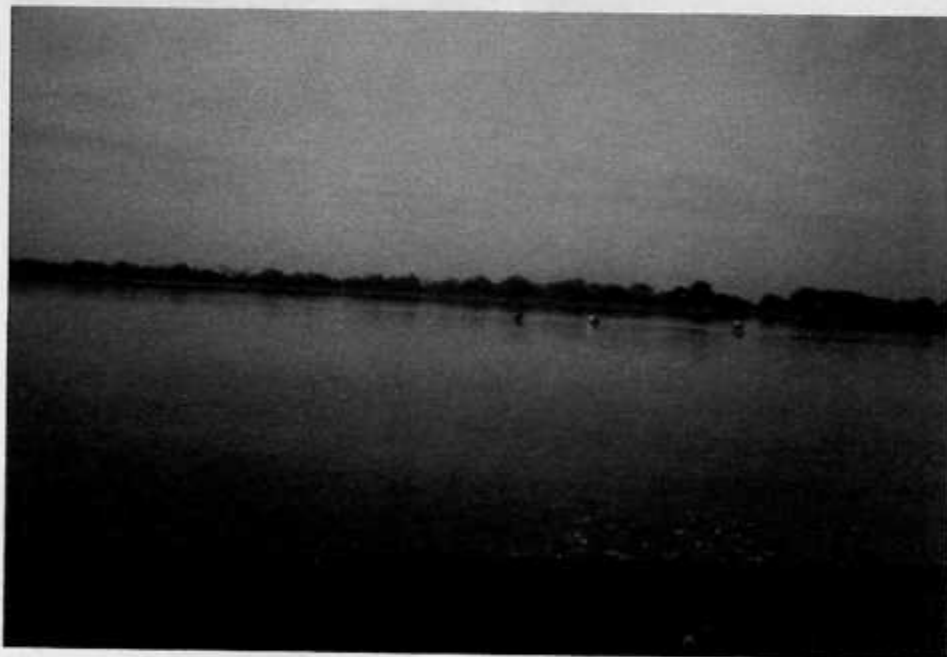


Fig. 26. Vista de la Laguna Sebastián durante la estación seca del 2003.



Fig. 27. Vista de la laguna muestreada en el 2004.



Fig. 28. Vista de diferentes ejemplares de *Anodontites trapesialis* colectadas en Caño Negro, Alajuela, durante el 2003.



Fig. 29. Vista de distintos estanques de cultivo en Los Diamantes, Guápiles, en el 2003.



Fig 30. Vista de estanque donde se colocaron las almejas con los peces en el 2003-2004



Fig. 31. Algunas almejas colocadas en el estanque en el 2003