

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

Biología y sistemática de los Cambáridos del Sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura.

T E S I S
que para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Biológicas
P R E S E N T A
Miguel Rodríguez Serna

Julio de 1999

Nadie se sorprenderá de que mucho quede aún sin explicar con respecto al origen de las especies y variedades si tiene debidamente en cuenta nuestra profunda ignorancia de las relaciones mutuas entre los numerosos seres que viven en torno a nosotros

¿Quién puede explicar por qué una especie se distribuye ampliamente y es muy numerosa y por qué una especie vinculada con ella tiene poca amplitud y es rara?

Sin embargo, esas relaciones son de la mayor importancia porque determinan el bienestar presente y, según creo, el éxito y la modificación futura de todo morador de este mundo.

Charles Darwin

Importa, para el perpetuo crédito de la ciencia, que su actuación sobre la mente humana venza la inseguridad del hombre ante sí mismo y ante la naturaleza.

El público general no puede seguir los detalles de la investigación científica más que en un modesto grado; pero, al menos, sí registra una grande e importante ventaja: su confianza en que el pensamiento humano es veraz y la ley natural universal.

Albert Einstein

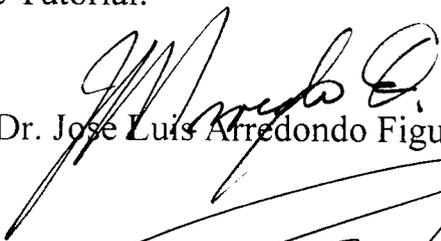
**“El doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma
Metropolitana esta incluida en el Padrón de Posgrados de Excelencia del
CONACyT además cuenta con apoyo del mismo consejo, con el convenio num.
PFP-200-93”**

El jurado designado por las Divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud de las
Unidades Iztapalapa y Xochimilco aprobó la tesis que presentó

MIGUEL RODRÍGUEZ SERNA

El día de 26 de julio de 1999

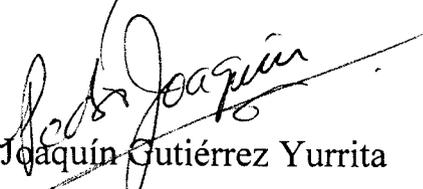
Comite Tutorial:


Tutor: Dr. José Luis Arredondo Figueroa

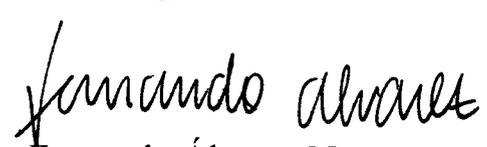


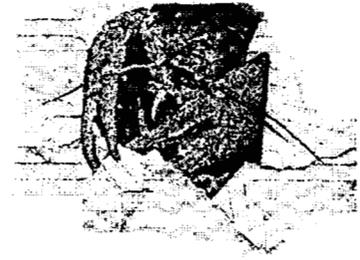
COORDINACION DE SERVICIOS
DOCUMENTALES - BIBLIOTECA

Asesor: 
Dr. Miguel Ángel Olvera Novoa

Asesor: 
Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita

Sinodal: 
Dr. Carlos Reyes Sosa

Sinodal: 
Dr. Fernando Álvarez Noguera



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer profundamente al

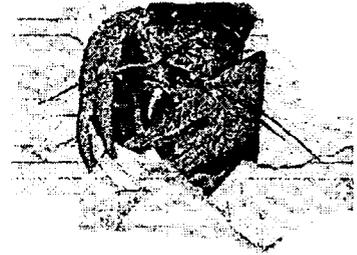
CINVESTAV-IPN, MÉRIDA, el cual no solo facilitó infraestructura, ayuda económica, crítica, amistad, apoyo moral y material, sino sentó las bases para mi desempeño como futuro investigador. Espero algún día pueda yo corresponderle de igual manera.

CONACyT, porque sin su ayuda a la investigación y a los estudiantes, no se avanzaría en este país, donde reina la limitación.

FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA por el apoyo económico para la realización de este estudio y su deseo de conocer nuestra riqueza natural.

A mi *alma mater* la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**, que siempre deja huella en el saber.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**, por su complicidad en esto.



Y de manera muy especial al

Dr. Miguel A. Olvera, por su constante apoyo y ya larga amistad (que como siempre sobresale ante las discrepancias mismas del trabajo). Por mi parte, considero que es una de las pocas personas de alta valía para cualquier institución y/o alumno que quiera seguir el camino de la verdadera investigación y docencia.

Dr. José Luis Arredondo, por su absoluta confianza, apoyo y certeza de opinión al dejar que este proyecto no se detuviera y formara las bases para el conocimiento de las especies nacionales. Es sin duda, a mi parecer, una acción valiente el tratar de cambiar las acciones e ideas del acontecer científico.

M. en C. José Luis Villalobos, quien sin saber quien, como y cuando ayudo de manera desinteresada este trabajo, que si bien se atoró, el nunca dejó que se hundiera.

Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita, quien con gusto apoyo esta investigación desde el otro lado del mundo con su critica. Alegra y tranquiliza saber que hay en quien confiar, aunque no sepan bailar y le vaya al Real Madrid.

Dr. Carlos Reyes Sosa, por la amabilidad mostrada al aceptar leer y corregir este trabajo.

Dr. Fernando Álvarez Noguera, por el interés mostrado y sus acertadas opiniones.



Esta tesis esta dedicada a las tres personas más importantes en mi vida,

A mi compañera, amiga, colega y esposa CLAUDIA, este es nuestro proyecto. Recuerdo que cuando iniciamos este camino, nunca nos pusimos a pensar en lo difícil que podría llegar a ser, sin embargo, con tu ayuda, confianza, crítica (sumamente seguida), alegría, optimismo y eterno apoyo hemos podido coronar nuestro esfuerzo, nuestras metas todavía están lejos, pero podemos asegurar, que el primero de los pasos, lo hemos dado firmemente.

A mi hijo, MIGUEL ALBERTO por su paciencia,

y a ANA PAOLA que crece con esto.

RESUMEN

Esta investigación sienta las bases para la caracterización de los Cambáridos de la Península de Yucatán incluyendo su biología, sistemática y algunos aspectos relevantes de su ecología, con el objeto de establecer estrategias de manejo, aprovechamiento racional y cultivo. Los acociles o cangrejos de río, además de su importancia antropológica, juegan un papel fundamental en los procesos ecológicos de los cuerpos de agua dulce lénticos o lóticos, ya que contribuyen a mantener un equilibrio en la cadena alimentaria, donde forman parte de la dieta de anfibios, aves y peces, con una función muy importante en los procesos de degradación y reciclamiento de la materia orgánica dentro del sistema.

La necesidad de conocer, proteger y aprovechar, la biodiversidad de crustáceos dulceacuícolas de la Península de Yucatán promovió el interés del estudio de los Cambáridos que por sus características adaptativas son de los más abundantes en la región. Los pocos cuerpos de agua permanentes sugerían la inexistencia de estos crustáceos en la mayor parte de la Península. Sin embargo, es posible afirmar que, a excepción de la porción norte de Yucatán, el resto de la Península cuenta con amplias zonas de humedales y lagunas donde se distribuyen los Cambáridos.

El estudio partió de una sectorización ecológica de la Península de Yucatán mediante la caracterización de regiones ecológicamente homogéneas, para determinar una serie de factores del medio que potencialmente controlan la distribución, biología y ecología de los crustáceos de agua dulce a diferentes escalas espacio-temporales. El estudio se realizó en localidades previamente

identificadas en cada uno de los Estados, siendo para Campeche: Escarcega, laguna Silvituj, río Champotón, río Candelaria, Sabancuy y El Remate; en Yucatán: Humedales cercanos a la Cd. de Mérida, Sisal y Progreso y en el Estado de Quintana Roo las zonas fueron: laguna Chichancanab, laguna Nohbec, río Hondo, carretera al Mahahual, zonas de riego e inundación como González Ortega.

Para las colectas se emplearon redes de cuchara y trampas tipo holandesa con carnada, con la finalidad de coleccionar un número representativo de animales por zona. Cada salida fue de cuatro días para cada zona de estudio. Se tomaron parámetros morfométricos y el sexo de los organismos, así también se llevó a cabo un registro de las variaciones del paisaje en cuanto a fauna, vegetación y tipo de suelo en las diferentes zonas de colecta.

La clasificación del material biológico se realizó en el CINVESTAV-IPN, MÉRIDA, así como en el Laboratorio de Carcinología de la UNAM, bajo la supervisión del M. en C. José Luis Villalobos. Se realizaron estudios encaminados a determinar algunos aspectos de la biología bajo condiciones controladas en donde se definió la reproducción mediante el conteo y seguimiento de la masa de huevos, viabilidad y obtención de tallas mínimas reproductoras. El crecimiento se determinó mediante curvas gráficas de crecimiento vs tiempo. Asimismo se obtuvo la ecuación de la relación peso-longitud. La etología fue caracterizada por el seguimiento de la población en cautiverio obteniendo densidades de manejo.

Finalmente mediante un diseño aleatorizado se realizó un experimento de preferencias alimentarias para definir el alimento al que mejor se adecuaban los acociles. Con base a lo anterior se realizaron estrategias de cultivo.

Los resultados arrojaron que los ejemplares colectados fueron identificados como *Procambarus (Austrocambarus) llamasi*, los cuales fueron registrados por vez primera para el Estado de Quintana Roo. Esto determina que *Procambarus llamasi* es un organismo que se distribuye en toda la Península, lo cual indica la adaptabilidad de este organismo a las condiciones de la Península, cuestión que le favorece para ser indicado como un organismo Tipo.

Los medios de distribución aún son desconocidos, sin embargo se tiene la hipótesis que los arrastres provocados por las lluvias permiten la radiación de este organismo por toda la Península. Asimismo se han dado ya los primeros pasos en la formación de una colección para la región. Por otra parte, las entrevistas realizadas a diferentes pobladores de las zonas colectadas, permiten determinar que el recurso es aprovechado en forma esporádica (solo en época de lluvias, cuando es más abundante) para su consumo y en algunas regiones se desconoce su presencia por completo. Se observó un aumento en las zonas de cultivo, cuestión que por el contrario no limita o disminuye la presencia del *Procambarus llamasi*, al parecer lo favorece ya que se introducen en las zonas de riego por bombeo lo cual evita la ausencia de agua durante la época de secas.

Se desarrollo un esquema del ciclo de vida del *P. llamasi* basado en los estudios de su biología. Se caracterizó su reproducción determinando su talla mínima de reproducción (4-4.5

cm), el número de huevos promedio por hembra (400-700 h/h), su tiempo de incubación (20-25 días), la viabilidad por hembra/talla (<4 cm = 20%; >4 cm 80%) y el comportamiento reproductivo.

Asimismo se dio seguimiento a la fase de crecimiento tanto en peso total como en longitud total, con las crías generadas en cautiverio, dando como resultado longitudes máximas para la hembra de 80 mm y para machos de 85 mm, así como el peso máximo para hembras de 14.14 g y para machos de 18.15 g. Con ello se generó la ecuación de la relación de peso-longitud ($W = 0.000079L^{2.77}$).

En cuanto al experimento de alimentación en cautiverio, se determinó que las dietas balanceadas para camarón, tilapia, tortuga o trucha, resultan adecuadas para el desarrollo de los acociles. No así las dietas frescas como zanahoria o hígado de res, en las cuales se presentaron las mayores tasas de mortalidad. Asimismo se observó un comportamiento normal; no se presenta agresividad o estrés por el cautiverio en densidades de 50 a 100 animales por m², aunque el mejor desarrollo se presentó con la densidad de 50 org/m².

Al aceptar el alimento balanceado, por su talla, resistencia a condiciones desfavorables, comportamiento poco agresivo y dado los bajos costos de producción, la posibilidad de introducir a este organismo en la acuicultura se presenta viable para la Península de Yucatán.

ABSTRACT

The present research deals with the characterization of the Cambarids of the Yucatan Peninsula, including biological, systematic and some ecological aspects. Basically the objective of it was to create management strategies, rational exploitation and culture biotechnology of the species found.

Crayfish are an important resource not only because of its gastronomic reliance. In nature they play an important role on water body dynamics in the degradation and reciclation of organic matter. In the trofic food chain as an important part of amphibians, birds, fishes and other animal diet. Little information on endemic Cambarid species and the potential danger of introduce Australian crayfish for culture enterprises, were fundamental factors to study the biodiversity of this crustaceans in the Yucatan Peninsula.

The Yucatan Peninsula has very few permanent water bodies due to the carstic soils present. Of the three states comprising it, only Campeche and Quintana Roo have some lagoons and wide areas of wetlands where crayfish can live. An ecological sectorization for the Peninsula was made using ecological homogene regions to determine the enviromental factors that may control crayfish distribution and ecology in an space-temporal scale. Thematic aspects considered included: climatology, litology, superficial and underground hidrology, hidrochemistry, vegetation, and soil and water uses, that modifies other important factors like substrates, calcium concentration, pH, dissolve oxygen and nutrients.

Localities were previously established for each of the three states as follows. Campeche: Escarcega, Silvituj, Champoton, Candelaria, Sabancuy, El Remate. Yucatan: Cenotes and Ojos de agua near the coast including Sisal, Celestun, Progreso, Dzilam, Chiquila and Merida. Quintana Roo: Chichancanab, Nohbec, Rio Hondo, Mahahual and Gonzalez Ortega.

Holland traps and nets were used to collect the animals trying to capture as much as possible. Morphometric parameters were registered, sex and developmental stage and other observations were made on the fauna, vegetation and soil characteristic from collecting areas.

Biological material classification was done at CINVESTAV-IPN MERIDA with the collaboration of the carcinology laboratory UNAM. Researchs were carried out to determine some biological aspects under laboratory conditions including reproduction and growth. Reproduction information recorded number of spawned females, number of eggs/female, number of larva/female and age of first spawning. Growth was obtained using growth vs time graphics and the equation of weight-length relation.

A randomize experiment was carried out to know food preferences for the specie using different kinds of pelleted and natural feeds. P llamasi accepted any kind of food but growth was affected by low contents of protein in vegetable. Diets with poor protein content like semicooked carrot presented very low growth and poor survival.

Taxonomic classification of all collected animals from Campeche and Quintana Roo resulted as *P. (A.) llamasi*. Current distribution obtained from this data enlarge the stated area by Villalobos in 1955. Different results were obtained on the presence on the presence of other species. *P. pilosimanus* was never collected maybe because its present distribution change from that of 1955 localizing at the souther parts of Chiapas.

It seems that *P. llamasi* has adapted very well to the climatological and topographical conditions of the region. During dry months animals are not found. Its presence depends on overflows during the lasts months of the year when large amount of water accumulte.

Animals carried to the laboratory gave enough information to stablish its life cycle, minimal size of reproduction (4-4.5 cm), number of eggs per spawn (400-700), incubation time (20-25 days), average viability of eggs (<4 cm=20%; >4 cm = 80%) and some behaviorial aspects of this specie.

Growth was obtained as weight and lenght achieving maximal lenght for females (80mm) and for males (85mm). Weights between sexes were 14.14 g for females and 18.15 g for males. Weight-lenght relation was $W = 0.000079 L^{2.77}$.

Biological performance showed by size, growth, survial, feeding, and reproduction results of *P. llamasi* defined it as a good specie for aquaculture practices. Although, more studies should be done to determine its suitability.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	5
3. ANTECEDENTES	11
3.1 Clasificación	14
3.2 Distribución Mundial	15
3.3 Hábitat	17
3.4 Morfología	18
3.5 Reproducción	19
3.6 Alimentación	20
3.7 Cultivo	21
3.7.1 Cultivo extensivo	24
3.7.2 Cultivo semi-intensivo	24
3.8 Enfermedades	27
4. JUSTIFICACIÓN	29
5. OBJETIVO	30
5.1 Objetivos particulares	31
6. HIPÓTESIS	32
7. MATERIALES Y MÉTODOS	33
7.1 Trabajo de campo	33
7.2 Trabajo de laboratorio	35
7.2.1 Taxonomía	35
7.2.2 Biología	35
7.2.2.1 Fecundidad y Reproducción	36
7.2.2.2 Crecimiento	38
7.2.2.3 Alimentación y Eficiencia Alimentaria	40
7.2.2.4 Ciclo de Vida	42
8. RESULTADOS	43
8.1 Trabajo de campo	43
8.1.1 Características de las zonas de colecta por Estado	43
8.1.1.1 Estado de Yucatán	43
8.1.1.2 Estado de Campeche	43
8.1.1.3 Estado de Quintana Roo	44
8.1.2 Similitud de las diferentes zonas de colecta	47
8.1.3 Distribución de <i>Procambarus</i> en la península	55

8.2 Trabajo de laboratorio	57
8.2.1 Caracterización Taxonómica	57
8.2.2 Biología	64
8.2.2.1 Fecundidad y Reproducción	65
8.2.2.2 Crecimiento	68
8.2.2.3 Alimentación y Eficiencia Alimentaria	76
8.2.2.4 Ciclo de Vida	79
9. DISCUSIÓN	80
10. CONCLUSIONES	93
11. BIBLIOGRAFÍA	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución y características morfométricas de las especies mexicanas de acocil (Villalobos-Figueroa, 1955)	7
Tabla 2. Especies y máxima talla de los acociles sujetos a cultivo	23
Tabla 3. Enfermedades más comunes de los acociles cultivados (Tabla tomada y modificada de Alderman y Polglase, 1988)	28
Tabla 4. Ubicación de las diferentes zonas de colecta en la península de Yucatán	46
Tabla 5. Presencia-ausencia de peces registrados en las diferentes zonas de colecta	49
Tabla 6. Presencia-ausencia de plantas registradas en las diferentes zonas de colecta	51
Tabla 7. Presencia-ausencia de los diferentes tipos de suelo en las zonas de colecta	53
Tabla 8. Medidas morfométricas para machos y hembras de <i>P. llamas</i>	59
Tabla 9. Registros de algunos parámetros de la calidad del agua y de temperatura	64
Tabla 10. Característica de los huevos de <i>P. llamas</i> durante la incubación	69
Tabla 11. Relación de peso longitud en el <i>P. llamas</i>	71
Tabla 12. Resultados del crecimiento de <i>Procambarus llamas</i> bajo dos densidades	74
Tabla 13. Composición proximal de las seis dietas utilizadas	77
Tabla 14. Resultados de crecimiento y eficiencia alimentaria en <i>P. llamas</i>	77
Tabla 15. Análisis químico proximal inicial y final de los acociles del experimento	78
Tabla 16. Comparación entre especies de cultivo	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial de los Astácidos	16
Figura 2A. Clasificación americana de cuevas para acociles (Hobbs, 1981)	17
Figura 2B. Clasificación ecológica australiana de cuevas para acociles (Horowitz & Richardson, 1985)	17
Figura 2C. Morfología general de los Cambáridos	18
Figura 3. Localidades donde se realizaron las colectas para el estudio	34
Figura 4. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes especies de peces registrados	50
Figura 5. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes especies de plantas registradas	52
Figura 6. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes tipos de suelo registrados	54
Figura 7. Distribución de <i>Procambarus llamasi</i> en la Península de Yucatán	56
Figura 8. <i>Procambarus (A.) llamasi</i>	58
Figura 9. Amplexo sexual de <i>Procambarus llamasi</i>	65
Figura 10. Porcentaje de viabilidad de los huevos en relación a la talla de <i>P. llamasi</i>	66
Figura 11. Frecuencia de desoves de <i>P. llamasi</i> durante un ciclo anual	68
Figura 12. Relación lineal entre el número de huevos y la longitud de <i>P. llamasi</i>	69
Figura 13. Distribución de tallas para machos	70
Figura 14. Distribución de tallas para hembras	70
Figura 15. Relación peso-longitud para machos de <i>P. llamasi</i>	72
Figura 16. Relación peso-longitud para hembras de <i>P. llamasi</i>	72
Figura 17. Relación entre el peso y la longitud para la población de <i>P. llamasi</i>	73

Figura 18. Crecimiento en longitud bajo dos densidades en <i>P. llamas</i>	75
Figura 19. Crecimiento en peso bajo dos densidades en <i>P. llamas</i>	75
Figura 20. Crecimiento de <i>P. llamas</i> bajo las diferentes dietas probadas	78
Figura 21. Ciclo de vida del <i>Procambarus (A.) llamas</i>	79
Figura 22. Mapa esquemático de altitudes de la Península de Yucatán	82
Lámina 1. Macho de la forma I de <i>Procambarus llamas</i>	61
Lámina 2. Órganos reproductivos de <i>Procambarus llamas</i>	63

1. INTRODUCCIÓN

La importancia ecológica y económica que tienen los crustáceos ha conducido en los últimos años a profundizar en el conocimiento de su biología como requerimiento básico para su aprovechamiento. Los acociles son de los pocos crustáceos que habitan los arroyos y depósitos lacustres continentales. Viven tanto en climas templados como tropicales, por lo que son los miembros más importantes, grandes y longevos de las comunidades macrobentónicas dulceacuícolas, y por lo mismo, han invadido exitosamente una gran diversidad de hábitats, ya que son resistentes a los cambios de humedad y temperatura, y presentan importantes adaptaciones que le permiten subsistir aún cuando los se sequen cuerpos de agua.

Estos organismos juegan un papel importante en los procesos de transformación y flujo de energía, así como en los ciclos de la materia orgánica de los ecosistemas dulceacuícolas (Hobbs, 1991). Momot *et al.* (1978) menciona que los acociles son los crustáceos más conspicuos y desde el punto de vista energético, son los miembros más importantes en las comunidades dulceacuícolas de zonas templadas (Holdich y Lowery, 1988; Hobbs, 1991; Montes, 1993).

La fauna carcina de México puede considerarse como una de las más ricas de América. La posición geográfica y variedad de ambientes de nuestro país, dada su topografía, ha contribuido fuertemente a la alta diversificación de su biota en general y en el caso particular de los crustáceos ha favorecido el establecimiento de un gran número de especies que a la fecha, carece de una

evaluación adecuada (Hobbs, 1984; Toledo, 1988).

La información con que se cuenta de las especies mexicanas dulceacuícolas es aún muy incipiente. Los datos sobre distribución y biología que se tienen en México, la mayoría de las veces, provienen de estudios que abarcan el continente americano o para algún país en particular, como sería el caso de los realizados en los Estados Unidos de América y Canadá. Sin embargo, el orden decápoda puede considerarse como una excepción, ya que la mayoría de sus familias cuentan con monografías que, aunque no se han actualizado ni abarcan a todas las especies, son básicas en su conocimiento.

Este es el caso de los Cambáridos de los cuales existen algunos trabajos sobre su distribución y taxonomía (Villalobos-Figueroa, 1955, 1983; Hobbs, 1972, 1984, 1989; Campos y Rodríguez, 1992; Rodríguez *et al.*, 1993; Rodríguez y Campos, 1994). Asimismo se han realizado estudios concernientes en aspectos fisiológicos y ecofisiológicos del género *Cambarellus* (Centro de México) por Maldonado (1990), Rodríguez (1991) y Cornejo (1992).

Los estudios, en algunos casos muy aislados, sobre los diferentes órdenes de crustáceos dulceacuícolas mexicanos, han permitido distinguir a esta fauna como un grupo heterogéneo en el cual se pueden apreciar formas de varios componentes zoogeográficos. La historia geológica y el clima, pasado y actual, han sido factores claves tanto en la dispersión de las especies como en los procesos de especiación que han sufrido estos invertebrados en México. Estos fenómenos van

desde que empezaron aparecer las cadenas montañosas en el Mesozoico tardío (Cantú *et al.*, 1991), así como los levantamientos orográficos como los que ocurrieron en el sur del país, tal es el caso de la emersión de la Península de Yucatán y la formación de las cadenas montañosas en Chiapas. Lo cual dio origen a poblaciones aisladas y separaciones por la geografía de la región.

Existe actualmente la necesidad y urgencia por conocer, preservar y aprovechar las riquezas biológicas del país. Muchas veces se concentran esfuerzos de investigación en algunos grupos como los mamíferos, aves, reptiles y peces, y por lo general, los invertebrados son considerados como de importancia secundaria. En este último caso, los crustáceos dulceacuícolas han sido olvidados por mucho tiempo y ahora que se promueve su revisión, se puede apreciar la necesidad de incrementar los estudios sobre ellos (Holdich y Lowery, 1988).

Los estudios científicos no pueden separarse de la componente social, siendo uno de los temas de mayor interés el aumentar el nivel de vida en las comunidades marginales, de tal forma que deben realizarse proyectos para el cultivo de diversas especies antes no explotadas por el hombre. El desarrollo de estas biotecnias ha llevado a proponer la introducción de especies a ciertos hábitats que parecen aptas para su explotación acuícola, muchas de las veces sin tomar en cuenta que en primer termino se deben reconocer y estudiar las especies nativas aptas de ser manejadas en la acuicultura y además considerar el impacto ecológico que puede provocar la introducción de estas especies, tal como sucedió en Japón (Bardach *et al.*, 1986) y España y Portugal al importar *Procambarus clarkii* (Gutiérrez-Yurrita, 1997), por citar algunos casos.

Si bien es cierto que pueden cumplirse los objetivos fijados para la introducción de organismo exóticos mediante estrictas medidas de control y cuidado del recurso, cabe mencionar que son pocas las veces que se realizan estudios de impacto ambiental y en especial de la biodiversidad antes de la introducción, lo cual ocasiona que se desconozcan las especies existentes que pueden ser afectadas (Montes, 1993; Gutierrez-Yurrita, 1997). Al igual que otros países, México ha seguido la tendencia de adopción de especies y tecnologías. Esta actitud ha creado serios problemas ecológicos y económicos, no sólo en el país, sino a nivel mundial, y a pesar de ello aún no se advierte la creación de una conciencia que reduzca estos riesgos. Asimismo, para poder definir la introducción de cualquier especie se requiere de un antecedente que sustente la necesidad de dicha introducción y los posibles efectos que puede causar la presencia de la nueva especie, sí por cualquier motivo llegara ocupar algún nicho ecológico en el cual nunca ha existido.

Con esto no se trata de criticar la acuicultura de especies introducidas sino fundamentar esta actividad desde un punto de vista científico y no sólo económico con el fin de disminuir el riesgo de alteraciones ecológicas y fracasos económicos. Considerando los tiempos que se viven, resulta de manera significativa el comenzar a investigar especies nativas, no sólo por el interés en mantener la biodiversidad, sino para caracterizar, de entre las especies autóctonas, cuales son aptas para cultivo, determinar su probable mercado y de manera especial, presentarlo a la gente como un recurso de consumo para las zonas rurales o marginales. Asimismo, puede presentarse ante la iniciativa privada como un medio de inversión rentable, como lo es el cultivo de camarón, rana o trucha.

2. MARCO TEÓRICO

Los cambáridos son conocidos en nuestro país como acociles (nahuatl), mazan, makaxil (maya) o chapos o cangrejos de río según la región de que se trate. En la época prehispánica, los acociles eran bien conocidos y consumidos regularmente por los aztecas y otros grupos asentados en la cuenca de México. Esta tradición aún continúa y en los poblados cercanos al Distrito Federal, Michoacán e Hidalgo es común observar la venta de estos crustáceos. Como se mencionó, el orden decápoda es el mejor conocido de los crustáceos dulceacuícolas en México; las seis familias que integran este grupo empezaron a ser estudiadas con regularidad desde hace más de 50 años (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993).

Las 132 especies de decápodos registradas en nuestro país pueden separarse en dos grandes componentes zoogeográficos, las formas provenientes de la región neártica y aquellas procedentes de la neotropical. El primero de ellos está constituido en su totalidad por especies pertenecientes a los géneros *Procambarus* y *Cambarellus* de la familia Cambaridae (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993). El segundo comprende a las familias Alpheidae, Palaemonidae, Atyidae, Pseudothelphusidae y Trichodactylidae (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993). Los acociles americanos están comprendidos dentro de los géneros *Procambarus*, *Orconectes*, *Cambarellus*, *Paracambarus*, *Cambarus*, *Troglocambarus* y *Pacifastacus*. En México se han registrado únicamente los tres primeros, siendo el más abundante el género *Procambarus* (Villalobos-Figueroa, 1955). En los cuerpos de agua continentales de nuestro país, la familia Cambaridae está

representada hasta el momento por 50 especies, 39 del género *Procambarus*, una de *Orconectes*, y 10 de *Cambarellus*. Los estudios sobre los acociles mexicanos se iniciaron en 1846, cuando W.F. Erichson dio a conocer dos especies nuevas, *Astacus (Cambarus) weigmanni* y *Astacus (Cambarus) mexicanus*.

La presencia de este grupo en México data aproximadamente del Mioceno, cuando formas ancestrales de cambáridos migraron hacia el sur provenientes del sudeste de los Estados Unidos (Hobbs, 1984). El aislamiento posterior que sufrieron dichas especies, debido a la elevación de la meseta central y del eje neovolcánico, favoreció los procesos de especiación, que dieron origen a la riqueza específica de esta familia y a la formación de complejos de especies, que han sido estudiadas en forma discontinua desde 1955 con la publicación de la monografía “Cambáridos de la Fauna Mexicana” elaborada por Villalobos-Figueroa (Tabla 1).

Específicamente en el sur y sudeste mexicano se ha detectado la existencia de variaciones morfológicas en varias especies relacionadas con su distribución geográfica, cosa que con anterioridad no se había registrado, debido a que éstas y otras formas de acociles, solo habían sido mencionadas para la localidad Tipo. Un ejemplo, son las varias formas estrechamente relacionadas para *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Saussure), que desde 1943 había sido citado para la cuenca de México; sin embargo, se han encontrado organismos de esta especie en diferentes muestreos en estados vecinos como Querétaro, Tlaxcala, Puebla y el Río Lerma hasta alcanzar el lago de Chapala en Jalisco (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993).

Tabla 1. Distribución y características morfométricas de las especies mexicanas de acocil (Villalobos-Figueroa, 1955)

ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	L.T.♂	L.T.♀	L.A.♂	L.A.♀
<i>Procambarus simulans regiomontanus</i> (Villalobos)	Nuevo León	79.5	87.6	38.2	41.4
<i>Procambarus digueti</i> (Bouvier)	Jalisco y Michoacán	72.5	82.4	37.0	43.3
<i>Procambarus bouvieri</i> (Ortmann)	Michoacán	56.0	60.0	28.0	28.5
<i>Procambarus blandingii cuevachicae</i> (Hobbs)	San Luís Potosí y Puebla	64.4	83.5	31.9	39.9
<i>Procambarus toltecaae</i> (Hobbs)	San Luís Potosí	51.1	58.0	25.4	28.0
<i>Procambarus caballeroi</i> (Villalobos)	Puebla	60.3	71.3	31.1	36.0
<i>Procambarus riojae</i> (Villalobos)	Puebla	58.0	61.5	30.4	31.5
<i>Procambarus hoffmanni</i> (Villalobos)	Puebla y Veracruz	61.0	57.0	31.5	30.0
<i>Procambarus hortonhobbsi</i> (Villalobos)	Puebla	50.0	56.0	25.4	29.6
<i>Procambarus teziutlanensis</i> (Villalobos)	Puebla y Veracruz	47.2	55.0	24.5	27.5
<i>Procambarus tlapacoyanensis</i> (Villalobos)	Veracruz	49.7	61.0	----	----
<i>Procambarus erichsoni</i> (Villalobos)	Hidalgo	54.0	51.2	27.0	25.9
<i>Procambarus contrerasi</i> (Creaser)	Puebla	51.8	55.7	26.4	29.9
<i>Procambarus zihuateutlensis</i> (Villalobos)	Puebla	52.1	57.0	26.2	29.2
<i>Procambarus mexicanus</i> (Erichson)	Veracruz	49.4	58.7	25.7	30.0
<i>Procambarus aztecus</i> (Saussure)	Veracruz	44.0	50.0	22.2	25.2
<i>Procambarus veracruzanus</i> (Villalobos)	Veracruz	42.6	59.0	20.0	24.0
<i>Procambarus rodriguezi</i> (Hobbs)	Veracruz	----	----	----	----
<i>Procambarus vezquezae</i> (Villalobos)	Veracruz	32.6	33.0	17.4	17.0
<i>Procambarus ruthveni</i> (Pearse)	Veracruz	53.4	54.2	—	----
<i>Procambarus ruthveni zapoapensis</i> (Villalobos)	Veracruz	64.5	51.7	32.2	----
<i>Procambarus mirandai</i> (Villalobos)	Chiapas	52.0	41.6	26.5	18.6

Tabla 1. Continuación

Especie	Distribución	L.T.♂	L.T.♀	L.A.♂	L.A.♀
<i>Procambarus acanthrophorus</i> (Villalobos)	Veracruz y Oaxaca	60.0	62.6	30.0	32.7
<i>Procambarus llamasii</i> (Villalobos)	Campeche y Quintana Roo*	82.0	79.0	42.0	40.0
<i>Procambarus pilosimanus</i> (Ortmann)	Chiapas y Quintana Roo	58.6	58.8	29.7	28.6
<i>Paracambarus paradoxus</i> (Ortmann)	Puebla	56.2	51.0	31.2	26.5
<i>Paracambarus ortmannii</i> (Villalobos)	Puebla	44.8	48.3	23.0	24.8
<i>Cambarellus montezumae montezumae</i> (Saussure)	Estado de México y D.F.	27.2	37.0	15.1	20.1
<i>Cambarellus montezumae zempoalensis</i> (Villalobos)	Morelos	25.9	35.0	----	----
<i>Cambarellus montezumae lermensis</i> (Villalobos)	Jalisco	23.3	30.2	----	----
<i>Cambarellus montezumae patzcuarensis</i> (Villalobos)	Michoacán	25.0	35.5	----	----
<i>Cambarellus alvarezi</i> (Villalobos)	Nuevo León	30.7	----	18.3	----
<i>Cambarellus montezumae var. tridens</i> (Von Martens)	Puebla	----	----	----	----
<i>Cambarellus montezumae areolatus</i> (Faxon)	Coahuila	----	----	----	----
<i>Cambarellus montezumae</i> (Faxon)	Sinaloa	----	----	----	----
<i>Cambarellus chapalanus</i> (Faxon)	Jalisco	----	----	----	----
<i>Cambarellus montezumae dugesii</i> (Faxon)	Guanajuato	----	----	----	----

*Datos obtenidos en esta investigación

L.T.= Longitud Total (mm)

L.A.= Longitud Abdominal (mm)

En el sudeste, el género *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* presenta esta problemática, dado que se encuentran especies y formas muy similares entre sí, pero geográficamente separadas, en los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, en donde los procesos de especiación se debieron principalmente a los eventos geológicos que tuvieron como resultado la formación de la Sierra Norte de Chiapas y la emersión de la Península de Yucatán, entre los períodos Oligoceno y Plioceno (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993).

Un caso especial son las formas de los cambáridos del centro y sur de Chiapas los cuales presentan una fuerte semejanza a *Procambarus* (*Austrocambarus*) *mirandai* (Villalobos-Figueroa), *Procambarus* (*Austrocambarus*) *sbordonii* (Hobbs) y con *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Villalobos-Figueroa), pero geográficamente se encuentran aisladas de las localidades Tipo de dichas especies. Este problema plantea la necesidad de realizar estudios finos de carácter biológico, ecológico, morfométricos y aún de análisis bioquímicos y genéticos para esclarecer la situación taxonómica y de distribución, incluso filogenética de estas formas cercanamente relacionadas.

Actualmente la información disponible de *P. llamas* (Villalobos) y *Procambarus pilosimanus* (Ortmann), es pobre. Esto es ocasionado por la lejanía de la península con respecto al centro de México de donde partían las campañas de estudio, la dificultad para capturarlos y las características geológicas de la región donde los cuerpos de agua son escasos y con particularidades limitó por mucho tiempo el interés en registrar estos organismos.

Resulta interesante el hecho de que en países como Suecia, Francia, Rusia, Canadá, E.U.A., Finlandia y China, la pesquería de este recurso es una actividad económica importante, como resultado de los precios que alcanzan en el mercado (de 1 a 3 dólares por organismo o de 50 dólares por kg, según su presentación) (Huner *et al.*, 1988). Asimismo están considerados como un platillo de lujo (Holdich y Lowery, 1988) y las especies pequeñas o enanas se utilizan como parte de la dieta de peces de cultivo o de ornato debido a su aceptación, a su alto contenido proteico y a que son una fuente importante de carotenoides, asimismo también se utilizan como animales de ornato o carnada para la pesca (McHarney, 1984).

3. ANTECEDENTES

En la Península de Yucatán, son escasos los estudios de especies dulceacuícolas endémicas con posibilidades de aprovechamiento acuícola, una excepción son los trabajos hechos sobre la mojarra endémica *Cichlasoma urophthalmus*, así como los intentos de trabajar con *Macrobrachium acanthurus*. La especie más estudiada y trabajada es la tilapia (*Oreochromis niloticus* y *O. mosambicus*) y recientemente el acocil australiano *Cherax quadricarinatus*.

La falta de interés en las especies de agua dulce se ha dado primero porque el paquete tecnológico para el desarrollo a nivel comercial no está listo, segundo por la falta de cultura en el consumo de especies dulceacuícolas ya que aún se prefieren las especies marinas y tercero, su situación geográfica, con una extensa línea de costa y la poca presencia a nivel superficial de cuerpos de agua en la parte norte (zona cárstica, altamente permeable) así como en la zona sur, la abundancia de zonas de inundación restringidas por la temporalidad, han creado la idea errónea, al parecer, que tanto las especies de esta región (la mayoría desconocidas), así como la región en sí, resultan poco probable, si no más que imposible, la realización de la actividad acuícola y el aprovechamiento de especies endémicas.

Como se ha mencionado, los acociles son crustáceos de agua dulce, con la capacidad de resistir los cambios de humedad y temperatura, lo que les ha permitido tener éxito al distribuirse, dando como consecuencia una gran variedad de géneros y subgéneros en la parte norte del

continente Americano (Hobbs, 1984). Su importancia no solo es ecológica, ya que son capaces de transformar la energía dentro de los ciclos biogeoquímicos de los cuerpos de agua utilizando materia orgánica de los ecosistemas dulceacuícolas, sino también representan un recurso económicamente aprovechable (Holdich y Lowery, 1988; Montes, 1993).

Por otra parte, el desarrollo de las técnicas de cultivo de los crustáceos dulceacuícolas ha llevado, en fechas recientes, a proponer la introducción de especies exóticas que pueden ser de alto interés económico, sin embargo, se soslaya la importancia de las especies nativas y no se prevé el impacto ecológico que pueden provocar esas especies sobre la biodiversidad de los sistemas acuáticos del país.

Ante lo anterior, los estudios científicos no pueden separarse del componente social, siendo uno de los temas de mayor interés el mejorar el nivel de vida en las comunidades rurales, de tal forma, que deben canalizarse esfuerzos para estudiar aquellas especies que pueden ser aprovechadas por los grupos sociales marginados, tal es el caso de los crustáceos de agua dulce, que por su fácil manejo y elevado contenido proteico representan un recurso de alta potencialidad (Gutiérrez-Yurrita, 1997)

Sin embargo, la inminente introducción de especies exóticas significa un alto riesgo, ya que existen especies endémicas, que pueden tener un gran potencial productivo, las cuales pueden sufrir cambios en sus poblaciones, lo que puede conducir las en un momento dado a desaparecer si

la especie introducida es más competitiva o portadora de alguna enfermedad que no exista en el hábitat natural de las especies endémicas, como es el caso de *P. clarkii* el cual es un huésped intermediario de numerosos parásitos helmínticos de vertebrados (Johnson, 1977), otro aspecto de esto, son los reportes sobre el impacto de *Procambarus clarkii* en Japón, Hawaii y España donde se considera como una “plaga” para la agricultura y la ecología del lugar, después de su introducción (Bardach *et al.*, 1986; Lodge y Lorman, 1987; Lodge, 1991; Huner, 1992; Montes, 1993).

Al dar como un hecho la introducción al medio, premeditadamente o por descuido, de organismos exóticos, se puede encontrar que de los efectos más importantes es la influencia que se presenta por sus hábitos alimenticios dado que consumen y reducen la cubierta de macrofitas y de los macroinvertebrados, que son una fuente de alimento para otros cambáridos, asimismo pueden ser afectadas las pesquerías de especies endémicas, ya que son depredadores de huevos y peces pequeños (Ponce *et al.*, 1999).

Una categorización de los aspectos más importantes en la introducción de especies son (Gutiérrez-Yurrita, 1999):

- Competencia por los recursos
 - Efecto sobre la frecuencia e intensidad de las perturbaciones naturales
 - Efectos que alteran la estructura trófica
 - La depredación sobre especies autóctonas
 - La alteración del hábitat
 - La introducción de enfermedades o parásitos
 - La hibridación con especies nativas
-

3.1 Clasificación

Los acociles son crustáceos decápodos que pertenecen al Suborden Astacidea. Existen alrededor de 500 especies que conforman tres familias: Astacidae, Cambaridae y Parastacidae (Holdich y Lowery, 1988). La clasificación sistemática del acocil según Hobbs, (1988) es:

SUBFILUM: Crustácea
 CLASE: Malacostraca
 ORDEN: Decápoda
 SUBORDEN: Astacidea (Latreille-1803)
 SUPERFAMILIA: Astacoidea (De Haan-1841)
 FAMILIA: Astacidae (Latreille-1803)
 GENERO: *Astacus* (Fabricius-1775)
 Austropotamobius (Skorikos-1908)
 Pacifastacus (Bott-1950)
 FAMILIA: Cambaridae (Hobbs-1942)
 SUBFAMILIA: Cambaroidinae (Villalobos-1955)
 GENERO: *Cambaroides* (Faxon-1884)
 SUBFAMILIA: Cambarellinae (Laguarda-1961)
 GENERO: *Cambarellus* (Ortmann-1905)
 SUBFAMILIA: Cambarinae (Hobbs-1942)
 GENERO: *Barbicambarus* (Hobbs-1969)
 Bouchardina (Hobbs-1977)
 Cambarus (Erichson-1846)
 Distocambarus (Hobbs-1981)
 Fallicambarus (Hobbs-1969)
 Faxonella (Creaser-1933)
 Hobbseus (Fitzpatrick y Payne-1968)
 Orconectes (Cope-1872)
 Procambarus (Ortmann-1905)
 Troglocambarus (Hobbs-1942)
 SUPERFAMILIA: Parastacoidea (Huxley-1879)
 FAMILIA: Parastacidae (Huxley-1879)
 GENERO: *Astacoides* (Guérin-Ménéville-1839)
 Astacopsis (Huxley-1879)
 Cherax (Erichson-1846)
 Engaeus (Erichson-1846)
 Parastacoides (Clark-1936)
 Parastacus (Huxley-1879)
 Samastacus (Riek-1971)
 Tenuibranchiurus (Riek-1951)

3.2 Distribución Mundial

Los acociles se distribuyen de manera natural en todos los continentes excepto África y se conocen con una gran variedad de nombres vernáculos como “crayfish”, “ecrevisse”, “flusskrebs”, “gamberro”, “rak”, “krafta”, “koonac”, “orambato”, “yabby”, etc. (Bardach *et al.*, 1986; Hobbs, 1988). Se pueden establecer dos áreas de distribución perfectamente definidas, una que corresponde al Hemisferio Sur y otra al Norte, separadas por la región ecuatorial (Figura 1). En la región Norte se encuentran especies de las familias Astacidae y Cambaridae, mientras que al sur sólo hay especies de la familia Parastacidae (Hobbs, 1988).

Los Astácidos euroasiáticos se encuentran desde los montes Urales y la cuenca del mar Aral, hasta la península Ibérica, Gran Bretaña e Irlanda y pertenecen al género *Astacus*. Los astácidos americanos habitan en el Noroeste del Continente, desde las Rocallosas hasta la Costa del Pacífico (Columbia Británica, Oregón y California) y están representados por el género *Pacifastacus*.

Los cambáridos asiáticos pueblan la región Nororiental del Continente, el depósito del Río Amur al norte de la República Popular China, Corea y Japón. Los cambáridos europeos están representados actualmente por *Cambarus typhlobius*. Esta especie se considera como un residuo de los cambáridos que en otras épocas poblaron Europa (Hobbs, 1988).

3.5 Reproducción

Los acociles presentan dimorfismo sexual. En los machos los dos primeros pares de apéndices abdominales están modificados para transferir el esperma al receptáculo seminal de la hembra (las hembras de los Astácidos no tienen éste receptáculo) y las quelas presentan un mayor tamaño (Avault y Huner, 1985).

En general, la fertilización no es inmediata, ya que la hembra puede almacenar el esperma hasta más de seis meses. El desove se lleva a cabo dentro de los túneles que construyen o encuentran en su hábitat. Los huevos son expulsados a través de un par de oviductos que se abren en la base del tercer par de pereiópodos para ser fertilizados. Durante este proceso las glándulas de la superficie ventral de los segmentos abdominales producen una sustancia pegajosa donde se adhieren los huevos ya fertilizados.

Una vez adheridos, la hembra se encarga de incubarlos y con un movimiento constante de los pleópodos crea una corriente de agua que ayuda a airear y a eliminar los huevos muertos hasta que eclosionan dos o tres semanas después, si la temperatura se mantiene entre 20 y 25 °C. A medida que la temperatura disminuye el desarrollo embrionario se retarda hasta detenerse a 10°C, en especies de zona templada.

3.4 Morfología

El diseño corporal se presenta mediante un cuerpo segmentado, más o menos cilíndrico cubierto por un tegumento fuertemente calcificado. Está dividido en dos partes: cefalotórax y abdomen. El cefalotórax incluye los ojos pedunculados, el aparato bucal y las cámaras branquiales, básicamente; mientras que en el abdomen se sitúan los pleópodos, el ano y el telsón (Figura 2c).

Presentan cinco pares de apéndices torácicos, uno modificado para coger el alimento, la defensa y el ataque, denominados quelipodo y los otros cuatro para la locomoción, manipulación del alimento y la limpieza. Estos 10 apéndices en su conjunto, son conocidos como pereiópodos y le dan el nombre al grupo Decápoda. Los apéndices abdominales se conocen como pleópodos y sirven en la hembra para el transporte e incubación de los huevos, así como para el movimiento del agua y oxigenación de los huevos (Pennak, 1978):

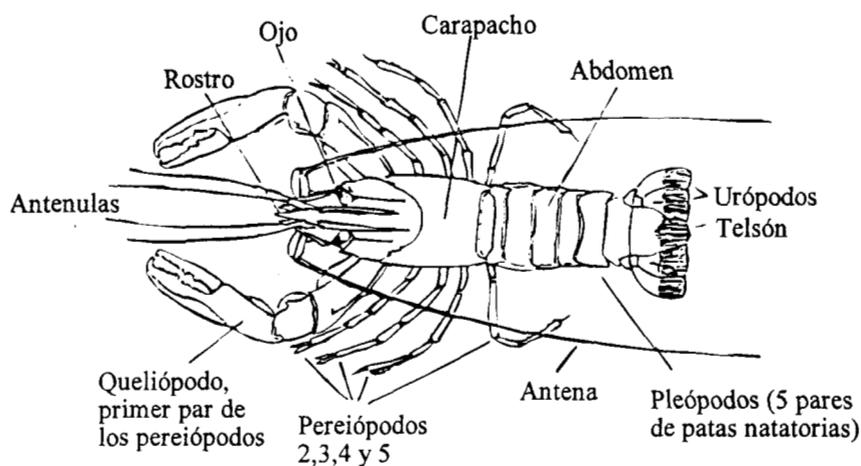


Figura 2c. Morfología general de los Cambáridos

El tiempo de eclosión de los huevos de *Procambarus clarkii* varia de 14 a 21 días y para *Procambarus blandingi* es de 17 a 29 días. Una vez que eclosionan, las crías continúan adheridas a la hembra durante dos semanas más, hasta que concluyen dos mudas, excepto en algunas especies de astácidos en los cuales se liberan después de la primer muda (Avault y Huner, 1985).

La fecundidad depende del tamaño de la hembra y de la especie que se trate; organismos que miden de 7.5 a 8.5 cm de longitud total pueden producir 100 o más huevos. Una hembra de 12.5 cm produce entre 600 y 700 huevos por puesta en promedio (Gutiérrez-Yurrita, 1997). La mayoría de los acociles se reproducen una vez al año, excepto dos especies: *Procambarus clarkii* y *Cherax destructor*, los cuales pueden llegar a reproducirse dos veces por año (Huner y Barr, 1984). La época de reproducción se ubica al final de la primavera y la madurez sexual la alcanzan en menos de 6 meses.

3.6 Alimentación

En general estos organismos son omnívoros y depredadores ocasionales. Consumen todo tipo de plantas acuáticas y pequeñas cantidades de animales, pero gran parte de su alimento consiste en detritus enriquecido con microorganismos degradadores, por lo que sus hábitos alimenticios se definen como politróficos (Pennak, 1978; Huner, 1981, McHarney, 1984).

Los acociles juveniles son primordialmente cazadores y preferentemente consumen proteína animal. En edad adulta no depredan, pero consumen pequeñas cantidades de animales, aunque gran parte de su alimento consiste en detritus vegetal enriquecido con microorganismos degradadores, sin embargo, no podrían desarrollarse con una dieta predominantemente vegetal (McHarney, 1984; Bardach *et al.*, 1986; Lowery, 1988; Huner, 1991). Asimismo, algunas especies capturan pulgas de agua o bien ostrácodos, siendo sus alimentos preferidos los gasterópodos, efemerópteros y anfipodos.

Los materiales con una relación baja de C:N representan generalmente el mejor alimento. Los acociles requieren de un nivel proteico entre 25 a 30% para crecer bien en sistemas cerrados (Huner y Meyers, 1979; Huner, 1991).

3.7 Cultivo

El acocil Cambarido, dadas sus características, está considerado como un organismo de gran potencial para el cultivo y se afirma que son los únicos crustáceos que han sido cultivados con éxito en regiones templadas (Huner y Barr, 1984), ya que es el único que se cultiva a gran escala en los Estados Unidos de Norteamérica y China. En 1988 más de 58,681 ha fueron asignadas para granjas sólo en el Estado de Louisiana. Además se cultiva también en Texas, Mississippi, Maryland, Carolina del Sur y del Norte, Florida, Georgia, California, Oklahoma, Minnesota y Oregon (Avault, 1983, 1996).

Su cultivo se lleva a cabo de manera extensiva y semi-intensiva. El cultivo intensivo no se practica aún, pero existe un gran interés en él, ya que de acuerdo con Avault y Huner (1985) y Bardach *et al.* (1986), esta modalidad presenta las siguientes ventajas: 1) se obtienen mayores tallas en poco tiempo, 2) la población es estable una vez confinado el "stock", 3) la profundidad de los estanques de 0.5 m, reduce la cantidad de agua y el costo de construcción, 4) el ciclo de vida es simple y 5) la tasa de crecimiento es mayor en comparación con otros organismos de su misma especie.

Realmente son pocas las especies que se cultivan (Tabla 2), en comparación a la gran cantidad de acociles existentes (Avault y Huner, 1985; Huner, 1988). Los astacidos cultivados no representan las mejores especies o los únicos cultivables, sino que son las que han sido más estudiadas y cuentan con mayor información científica y tecnológica para su manejo. De hecho, existen especies que tienen potencial para cultivarse pero requieren de un mayor estudio (Avault, 1992).

TABLA 2. Especies de los acociles sujetos a cultivo

FAMILIA	DISTRIBUCIÓN	ESPECIES CULTIVADAS	FUENTE
Astacidae	Europa y nordeste del Pacífico americano	- <i>Pacifastacus leniusculus</i> (U.S.A. y Europa)	Huner, 1985
		- <i>Astacus astacus</i> (Europa)	Momot, 1984 Huner, 1985
		- <i>Astacus leptodactylus</i> (Europa)	“
		- <i>Austropotamobius pallipes</i> (Europa)	“
Cambaridae	Norte, Centroamérica y Asia occidental	- <i>Procambarus clarkii</i> (USA, Europa occidental, China y África oriental)	Huner, 1985; Gutiérrez-Yurrita, 1997
		- <i>Procambarus acutus acutus</i> (USA)	Huner, 1985
		- <i>Orconectes immunis</i> (USA)	Hobbs, 1984
		- <i>Orconectes virilis</i> (USA)	Momot, 1984
		- <i>Orconectes limosus</i> (Europa)	“
		- <i>Orconectes rusticus</i> (USA)	Huner, 1985
Parastacidae	Australia, Nueva Guinea, Madagascar y América del Sur	- <i>Cherax destructor</i> (Australia)	Momot, 1984; Avault, 1996
		- <i>Cherax quadricarinatus</i> (Australia)	Huner, 1985; Avault, 1996
		- <i>Cherax tenuimanus</i> (Australia)	1996
		- <i>Euastacus sp.</i> (Australia)	“

3.7.1 Cultivo extensivo

Los acociles se confinan en cuerpos de agua naturales o artificiales, expuestos a las condiciones ambientales y a los depredadores naturales, los cuales en algunos casos son controlados o eliminados. En general, se considera como un buen método, pero toma de seis a ocho meses alcanzar la talla comercial que, para *P. clarkii*, es de más de 85 mm o alrededor de 22 animales por libra (Huner, 1988; Avault y Huner, 1985). Este método es recomendable para países con climas templados y tropicales donde la temperatura no es un factor limitante, ya que en países nórdicos como Suecia y Finlandia no resulta rentable este tipo de manejo.

3.7.2 Cultivo semi-intensivo

Se capturan los reproductores de *P. clarkii* en agosto o septiembre y se llevan a estanques cerrados o abiertos, para posteriormente pasar a las hembras cargadas a estanques con protección y alimento. Las crías, en ocasiones, se colocan en estanques pequeños con temperatura controlada y agua bien oxigenada para evitar la proliferación de hongos, principalmente de *Saprolegnia parasitica*.

El sitio seleccionado para los estanques debe ser lo más parejo posible ya que no debe haber zonas de agua que rebasen el metro de profundidad, aunque no importa que existan ondulaciones ya que esto aumenta el área de fondo. El aspecto más importante de la calidad de

suelo es su impermeabilidad, sin embargo, la calidad de agua es crucial a pesar de que son tolerantes a las variaciones físicas y químicas del medio (Avault, 1996).

Los aspectos más importantes a controlar, en éste sistema de cultivo, son el oxígeno y la dureza total. Las temperaturas óptimas para *P. clarkii*, *P. acutus* y *C. destructor* son entre 21 y 29 °C; mientras que para *P. leniusculus*, *Astacus astacus* y *C. tenuimanus* requieren temperaturas inferiores (Bardach *et al.*, 1986; Lowery, 1988). En algunas especies cuando la temperatura baja de 13 °C o alcanza los 32 °C los animales se entierran o se inactivan. El crecimiento es la principal razón por lo que la temperatura es crítica y no por la mortalidad, ya que en realidad pocas veces se presenta como consecuencia de este factor. Los niveles de pH tolerables se ubican entre 5.8 y 8.5 (Bardach *et al.*, 1986; Huner, 1992).

La dureza del agua, es un factor que influyen en el grosor del caparazón y por tanto en el crecimiento y la tasa de sobrevivencia. Mientras ésta sea más delgado, el crecimiento es menor y la mortalidad aumenta. La dureza total del agua no debe ser inferior a 50 mg/l y la máxima tolerable es de 200 mg/l. Los acociles pueden vivir y reproducirse en salinidades de 6 a 10 ‰. Las concentraciones de amonio no ionizado (NH₃) y nitritos (NO₂) no deben exceder de 0.5 mg/l (Huner, 1991).

Otros puntos importante para el cultivo del acocil son su reproducción y sus hábitos alimenticios. En realidad no existe una gran diferencia entre las especies. Por lo general, se

reproducen a finales de la primavera. No existe una alimentación específica para el cultivo intensivo de los animales, pero se sabe que debe proporcionárseles plantas acuáticas dado sus hábitos alimenticios (McHarney, 1984).

Los acociles que pueden considerarse como potenciales para su cultivo deben medir más de 7.5 cm de longitud total, ya que este tamaño es adecuado para el consumo humano, y de 30 a 50 organismos por libra (454 g) cuando se utiliza para alimentar peces (Huner, 1991). Las especies más aptas según McHarney (1984) y Avault y Huner (1985) son aquellas que se encuentran en aguas lénticas someras lodosas, en particular en cuerpos de agua que se sequen periódicamente o estacionales perenes.

Los métodos desarrollados en el Estado de Louisiana para el cultivo del *P. clarkii*, pueden adaptarse con éxito para otras especies, utilizando los requerimientos mínimos en cuanto a calidad de agua y presentando un programa eficiente en cuanto a control de enfermedades (Huner, 1991).

Los estanques para acociles requieren sólo de 46 a 61 cm de agua. El tamaño de estos varía, pero 4 hectáreas de espejo de agua se considera un área ideal, que permite un mejor manejo de la calidad del agua y facilita la cosecha. La biomasa aproximada que se coloca por estanque es de 56 kg por hectárea en mayo o junio. El agua se extrae para reducir el hábito de enterramiento y se forma una corriente durante la cosecha para promover la colecta del recurso (Avault, 1996).

3.8 Enfermedades

Las enfermedades que afectan a los astácidos básicamente son producidas por bacterias, hongos y protozoarios, así como numerosos parasitos metazoarios. Sin embargo, la significancia de la patología no ha sido bien determinada en la mayoría de los casos observados. Las infecciones por virosis, desnutrición y por mala calidad del agua son reconocidos como los mayores problemas que se presentan en los cultivos (Alderman y Polglase, 1988) (Tabla 3) .

TABLA 3. Enfermedades más comunes de los acociles cultivados (tabla tomada y modificada de Alderman y Polglase, 1988)

ENFERMEDAD	HOSPEDERO	REGIÓN	FUENTE
<i>Zoothamnium</i> sp.	<i>C. tenuimanus</i> <i>C. quadricarinatus</i>	Cefalotorax	Pearce, 1990
<i>Epistylis</i>	<i>C. tenuimanus</i> <i>C. quadricarinatus</i>	Cefalotorax	
<i>Vorticella</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	Cefalotorax	
<i>Microsporidios</i>	<i>C. puer</i>	Intracelular	Pixell-Goodrich, 1956
<i>Aphanomyces astaci</i>	<i>A. astacus</i> <i>A. leptodactylus</i> <i>A. pallipes</i>	No específico	
<i>Nosema</i> sp.	<i>A. pallipes</i>	Intracelular	
<i>Trichomyces</i>	<i>O. limosus</i>	Higado	Krishnakumaran y Schneiderman, 1970
<i>Thelohania</i> sp.	<i>C. quadricarinatus</i>	Higado	Pearce, 1990
Platelmintos ectocomensales	<i>C. quadricarinatus</i> y <i>P. clarkii</i>	Músculo cardíaco	
<i>Diceratocephala</i> sp.	<i>C. quadricarinatus</i>	Abdomen	
<i>Notodactylus</i> sp.	<i>C. quadricarinatus</i>	Cefalotorax y rostro	
Algas Bryozoa Rotíferos			Alderman y Polglase, 1988

4. JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente los decápodos constituyen los invertebrados bentónicos de mayor tamaño en las aguas continentales, presentando frecuentemente altas densidades y biomasa. Esta característica les confiere un papel importante en las comunidades acuáticas a un nivel trófico de consumidores. La falta de conocimientos básicos de los cambáridos del género *Procambarus* del sudeste de México establece la necesidad de emprender un estudio que contemple tanto un inventario biótico (sistemática) de las especies existentes en la Península de Yucatán, así como conocer su biología, tratando de establecer las bases biotecnológicas para su posible aprovechamiento mediante la acuicultura, resaltando la necesidad de aprovechar nuestros recursos naturales para con ello evitar en lo posible, la introducción de especies exóticas que pudieran dañar nuestros ecosistemas acuáticos.

5. OBJETIVO

La falta de conocimientos básicos sobre la biología de nuestras especies y la tendencia hacia el cultivo de especies exóticas, establecen la necesidad de emprender un estudio regional que permita desarrollar la tecnología para el cultivo de los cambáridos del sudeste de México y paralelamente, crear las medidas para su protección ecológica, ante la aparición de especies introducidas.

Bajo este contexto se decidió realizar la presente investigación que pretende revisar su sistemática, su biología y determinar el potencial para la acuicultura de el o las especies endémicas de cambáridos presentes en la Península de Yucatán, con el siguiente objetivo general :

Caracterizar la sistemática, registrar el hábitat y distribución geográfica de la(s) especie(s) de Procambarus en el sudeste de México y conocer su biología, en la cual se incluyen su adaptabilidad, comportamiento, ciclo de vida, reproducción, nutrición, alimentación y crecimiento, con la finalidad de iniciar su cultivo en la región.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
Y GEOGRAFÍA
BIBLIOTECA DOCUMENTAL

5.1 Objetivos particulares

222481

Los objetivos específicos son los siguientes:

a) Inventariar la(s) especie(s) de *Procambarus* existentes en el sudeste de México, determinando su importancia en esta zona del país. Con ello se pretende dar pie a futuros registros e investigaciones sobre los Cambáridos presentes en la Península.

b) Delimitar su distribución geográfica y algunos aspectos de su dinámica poblacional de la(s) especie(s), así como caracterizar el hábitat mediante el estudio de los parámetros ambientales en los cuales se desarrollan el o las especies.

c) Determinar su biología respecto a su:

ciclo de vida,

fecundidad y reproducción,

crecimiento,

alimentación y eficiencia alimentaria

d) Determinar si la(s) especie(s) son viables para el cultivo.

6. HIPÓTESIS

Partiendo de los objetivos particulares se propone la siguiente hipótesis,

Dependiendo del registro de la(s) especie(s) colectadas en la Península de Yucatán, solo entonces, se podrá afirmar que el *Procambarus (Austrocambarus) llamasi*, especie registrada para esta región, es el organismo Tipo para la Península, lo cual determinaría su predominancia en el sudeste de México y propondría una fuerte relación zoogeográfica con los Cambáridos del sur de México.

Si el estudio de la biología de los Cambáridos del Sudeste registra ciclo de vida corto, rápido crecimiento, aceptación de alimentos balanceados y un comportamiento con baja competencia (es posible el manejo con densidades) bajo las condiciones de la Península de Yucatán (altas temperaturas sin gran variación anual, elevada dureza en el agua y ciclos de lluvia constante), entonces puede ser factible la introducción de estas especies al manejo acuícola. Asimismo puede considerarse que al introducirse a la acuicultura el acocil del sudeste, se fomentaría esta industria y se evitaría y/o controlaría la introducción de especies exóticas que pudieran ocasionar un impacto negativo a los ecosistemas acuáticos de esta zona.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Trabajo de campo

Se realizó una sectorización ecológica de la Península de Yucatán o caracterización de regiones ecológicamente homogéneas, con una serie de factores del medio que potencialmente controlan la distribución y ecología de los crustáceos de agua dulce a diferentes escalas espacio-temporales. Los aspectos temáticos considerados fueron climáticos, hidrológicos superficiales y subterráneos, vegetación y química de los suelos y de las aguas (tipo de substrato, régimen hidrológico, mineralización de las aguas, concentración de calcio, pH, oxígeno disuelto y nutrimentos).

De los estados de la península se seleccionaron cuerpos de agua permanentes como son para Campeche la laguna de Silvituj, río Champotón, río Candelaria y El Remate. En Yucatán los humedales cercanos a la Ciudad de Mérida, Sisal, Celestún y Progreso y para Quintana Roo la laguna de Chichancanab, la localidad de González Ortega, Carretera a Mahahual, cenote Nohbec y río Hondo, entre otros. Asimismo se realizó un mapeo por estado de las zonas donde se colectaron los especímenes (Figura 3). Para la colecta se emplearon redes de cuchara y trampas tipo nasa donadas por la Universidad de Kansas a razón de 1 cada 20 m, con la finalidad de coleccionar un número mínimo representativo de animales por zona (Romaine y Lutz, 1989; Arreguín, 1992).

La identificación de similitudes entre los diferentes parámetros abióticos y bióticos se hizo mediante el empleo de técnicas de estadística multivariada como el análisis de conglomerados utilizando el índice Ochiai (Morrison, 1989; Bower y Zar, 1981). Para los ejemplares colectados se registraron parámetros morfométricos como la longitud total, longitud del cefalotórax, peso total y el sexo. Asimismo se fijaron 100 animales en solución Davidson's (Howard y Smith, 1983) para su identificación taxonómica.

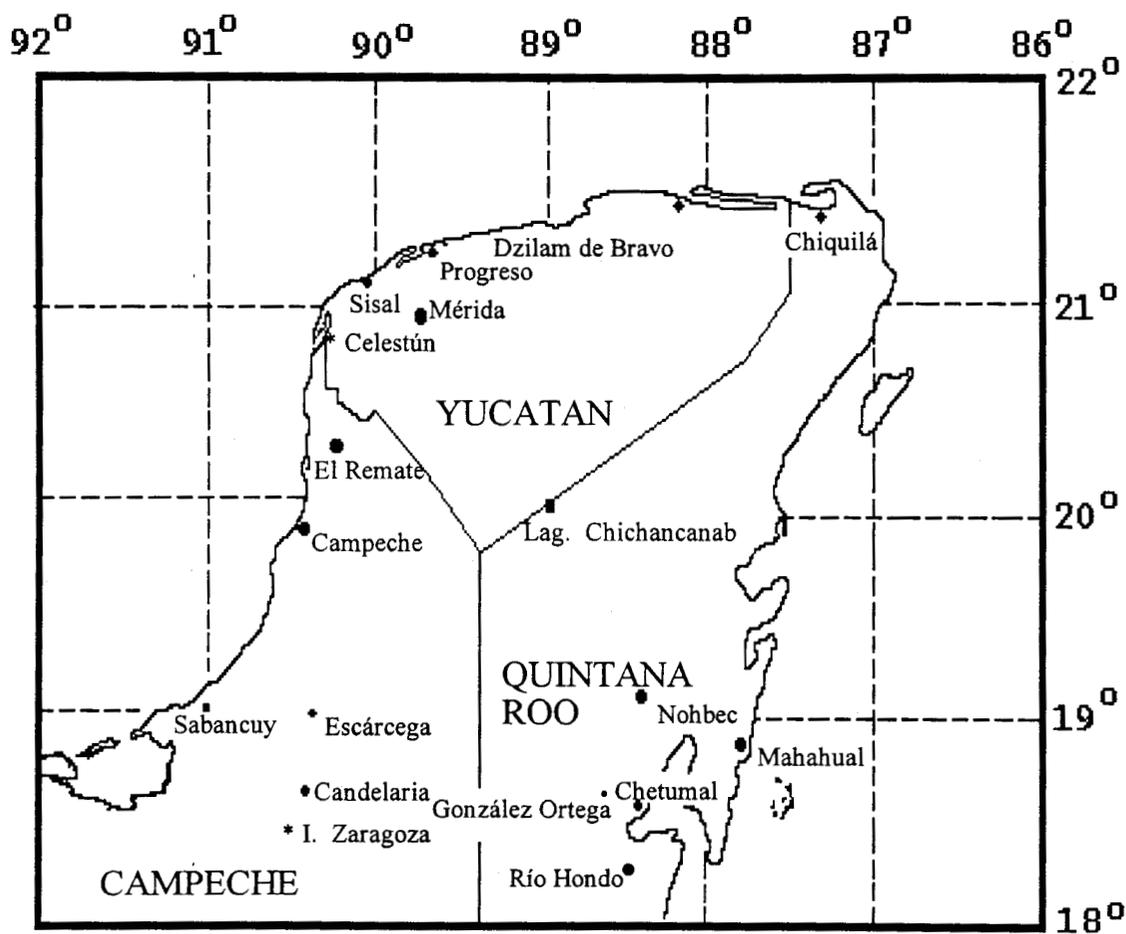


Figura 3. Localidades donde se realizaron las colectas para el estudio.

7.2 Trabajo de laboratorio

7.2.1 Taxonomía

Los animales colectados en los tres estados de la Península y previamente fijados (600 entre juveniles y adultos), se identificaron hasta el nivel de género y especie, por medio de las claves taxonómicas elaboradas por Villalobos-Figueroa (1955) y Hobbs (1989), con la asesoría del M. en C. José Luis Villalobos Hiriart del Laboratorio de Carcinología del Instituto de Biología de la UNAM y su grupo de colaboradores. Los organismos Tipo para la comparación morfológica se obtuvieron de la colección del mismo laboratorio.

7.2.2 Biología

500 animales juveniles colectados durante la temporada de lluvias en la localidad de Ignacio Zaragoza (18°21'N, 91°13'W), Campeche, se transportaron vivos en un contenedor con agua y aireación constante a las instalaciones del CINVESTAV unidad Mérida. A su llegada se sacrificaron 20 ejemplares para determinar la presencia de organismos patógenos. Estos se confinaron en tinas de fibra de vidrio, con refugios hechos con tubos de PVC, aireación constante y recambios quincenales de agua. Las tinas se ubicaron en un lugar techado a temperatura ambiente y cubiertas con una malla de invernadero para evitar depredación, así como con una cubierta de papel estraza para reducir la floración de fitoplancton y disminuir el estrés.

En las tinas se llevó un registro diario de temperatura mediante un dispositivo HOBO®Temp, ATC Comp., así como la mortalidad, presencia de hembras cargadas y seguimiento de la calidad del agua (dureza total, pH, oxígeno disuelto, nitrógeno amoniacal, nitrito, nitrato). Las biometrías de los organismos se realizaron mensualmente para reducir el estrés por manejo, esto porque se observó una alta agresividad interespecífica después del muestreo, lo que fue evidente en animales sin quelas, apéndices locomotores y antenas al día siguiente. Los daños más frecuentes se presentaron en las hembras como resultado del amplexo sexual. La alimentación proporcionada fue un balanceado comercial para camarón con un 40% de proteína (Cameronina 40).

7.2.2.1 Fecundidad y Reproducción

El conocimiento de la fenología reproductiva de las especies es importante tanto desde el punto de vista científico como del aplicado, ya que condiciona los períodos y la forma en la cual se deben desarrollar los planes de manejo en cautiverio. En este sentido es interesante conocer cuáles son las fases por las que el individuo debe pasar para concluir un ciclo reproductor y en qué momento del ciclo anual se da cada una de ellas. Asimismo, es importante definir qué factor o factores están modulando el proceso y las repercusiones que las variaciones ambientales pueden tener sobre el resultado final, es decir la fertilidad y el potencial reproductor del organismo.

Bajo un diseño factorial, con una distribución aleatoria dentro del dispositivo, se determinó el ciclo de producción anual de desoves en condiciones naturales, con acociles de un intervalo entre 40 a 70 mm, con una relación de 1:1 macho:hembra y a una densidad de 80 org / m².

El sistema experimental para la reproducción consistió en 10 tinas de fibra de vidrio con dimensiones de 120 x 60 cm de área y 40 cm de altura. El sistema tuvo aireación constante y se realizó limpieza semanal de las cámaras. Se llevó un registro diario de temperatura mediante un dispositivo HOBO®Temp, ATC Comp. El fotoperiodo fue natural. El peso se registró mediante una balanza digital Mettler PE 3600 con precisión de 0.01 g. El alimento suministrado fue un balanceado para camarón con 40% de proteína y 10% de lípidos, a razón del 10% del peso corporal del animal según lo recomendado por Avault y Huner (1985) para *Procambarus clarkii*.

La fecundidad se determinó mediante disecciones y conteos de la masa de huevos al microscopio. Se utilizaron 25 hembras ovígeras, a las cuales después de retirarles la masa de huevos de su abdomen se les tomó la longitud total mediante un vernier y con ello se determinó la relación entre la longitud total contra el número de huevos (Yeh y Rouse, 1994; Sureshkumar y Madhusoodana, 1998). El desarrollo del huevo se observó en el cambio diario de coloración durante la incubación, en 46 hembras ovígeras aisladas en acuarios de fibra de vidrio de 70 x 40 x 30 cm a una temperatura de 26° ± 1° C (King, 1992; Yeh y Rouse, 1994). Mediante el conteo de las crías recién eclosionadas se observó la sobrevivencia, con lo cual se obtuvo el porcentaje de viabilidad de las mismas bajo condiciones de cautiverio.

Asimismo se registró el incremento en peso de los juveniles dentro del sistema de reproducción y se observó el comportamiento alimentario y social dentro del sistema de los juveniles. Finalmente, después de la eclosión y separación de las madres, los juveniles se mantuvieron en las mismas tinas un mes para posteriormente ser instalados en un sistema de crecimiento.

7.2.2.2 Crecimiento

Los crustáceos para crecer necesitan cambiar periódicamente su rígido exoesqueleto, formado por carbonato cálcico en forma de calcita y quitina, a través del proceso denominado muda o ecdisis (Lowery, 1988). Durante este período, controlado hormonalmente, el exoesqueleto se hace blando al reabsorberse su carbonato cálcico y acumularse en unos discos llamados gastrolitos.

Cuando la muda se acerca parte de la calcita del viejo exoesqueleto es almacenada en los gastrolitos. Cuando la cutícula es liberada, los gastrolitos se disuelven y el cuerpo absorbe el carbonato cálcico para endurecer el nuevo exoesqueleto y el aparato bucal. Durante la fase de muda los crustáceos son extremadamente vulnerables al canibalismo y al ataque de los depredadores constituyendo, por lo tanto, una fase crítica dentro de su ciclo de vida y básica de conocer si se quiere desarrollar medidas de manejo eficientes (Lowery, 1988).

Para determinar el crecimiento se utilizaron los organismos juveniles obtenidos del seguimiento de reproducción. En cada una de las tinas del sistema, los desoves de cada hembra se manejaron como lotes únicos, sin mezclarlos, esto fue porque no se determinó el número y la densidad de animales en cada tina. El dispositivo experimental consistió en un sistema con ocho tinas de fibra de vidrio de 1 m² x 0.4 m de alto con aireación constante. El registro se llevó durante un lapso de seis meses, tiempo en que se calculó alcanzan su talla máxima (70-80 mm) (Villalobos, 1983). La toma de datos biométricos fue mensual. Se proporcionó alimento balanceado para camarón y refugios contruidos con tubos de PVC, alineados en forma vertical. El fotoperiodo fue de luz-obscuridad natural.

El crecimiento fue representado mediante una ecuación simple de alometría entre la relación del peso y la longitud para machos, hembras y mezcla de ambos (Hartnoll, 1978).

$$W = a L^b$$

donde: W es el peso en g, L la longitud en mm, y a y b son las constantes de la regresión.

Las clases tallas de crecimiento fueron tomadas de Lowery (1988). La longitud se determinó desde el rostro hasta la parte terminal (telsón) en mm. Para el peso se utilizó una balanza digital Mettler PE 3600 con precisión de 0.01 g.

Al finalizar este seguimiento, se estudio durante seis meses en el mismo sistema y con similares condiciones, bajo un diseño factorial con tres réplicas distribuidas de manera aleatoria en cada densidad, el crecimiento del acocil bajo dos densidades de confinamiento 50 y 100 organismos/m² con la excepción de que se introdujeron en cada tina juveniles de similar peso y talla inicial. Se tomaron los siguientes parámetros: a) tasa de supervivencia (%), b) peso inicial (mg), c) peso final (mg), d) peso ganado (%), e) peso promedio (mg/día), f) tasa específica de crecimiento (TEC) y g) tasa de conversión alimentaria (TCA).

Para la comparación estadística en ambas densidades se aplico una prueba de T de Student (Bailey, 1982) y un análisis de covarianza ANCOVA (Sokal y Rohlf, 1969) a las curvas de crecimiento.

7.2.2.3 Alimentación y Eficiencia Alimenticia

El interés en la acuicultura por conocer el tipo de alimento y la eficiencia de utilización del alimento por el animal bajo condiciones controladas es, primordialmente, para optimizar costos y obtener un mejor desarrollo del animal. Asimismo este estudio permite conocer las preferencias del organismo por un tipo de alimento durante sus diferentes fases de vida.

Para esta fase se utilizó un sistema cerrado con recirculación de agua, temperatura controlada a $26^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y filtros biológicos. Los organismos se introdujeron en 18 tinas de plástico con tapa de dimensiones de 35 x 20 x 10 cm con capacidad de 3 litros cada una. El flujo fue de 4 l/hora. La densidad de manejo fue de 10 animales por cámara y se pesaron quincenalmente con una balanza digital Mettler. Las crías, obtenidas de la fase de reproducción, fueron aclimatadas al sistema por una semana para evitar estrés.

222481

Bajo un diseño factorial con tres réplicas distribuidas de manera aleatoria en cada dieta se probó la eficiencia y la preferencia alimentaria para cuatro tipos de alimentos balanceados para: camarón, trucha, tortuga y tilapia, así como dos dietas frescas preparadas con zanahoria e hígado cocido proporcionados *ad libitum* (Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1998), suministrándose en cajas de petri para evitar pérdidas. Se realizaron análisis químicos proximales de las diferentes dietas y los animales antes y después del experimento de acuerdo a los métodos estándar (A.O.A.C., 1984). La limpieza de cada cámara se realizó semanalmente.

La eficiencia alimentaria se evaluó en base al crecimiento en gramos y la utilización del alimento, mediante los siguientes parámetros (Olvera *et al.*, 1990):

- Peso Ganado Individual (PGI mg/día) = $100 (\sum \text{PGI quincenal} / \text{tiempo})$
 - Peso Ganado Porcentual (Pg %) = $100 ((\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial})$
 - Tasa Específica de Crecimiento (TEC %/día) = $100 ((\log_e \text{ peso final} - \log_e \text{ peso inicial}) / \text{tiempo})$
 - Alimento Consumido Individual (ACI mg/día) = $100 (\sum \text{ACI quincenal} / \text{tiempo})$
 - Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) = ACI / PGI
-

La evaluación estadística del crecimiento se hizo mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%. Las diferencias entre las medias se identificaron mediante la prueba de rangos de Tukey (Zar, 1984).

7.2.2.4 Ciclo de Vida

Se entiende como ciclo de vida a la secuencia de acontecimientos (fecundidad, desarrollo, dormancia, dispersión, etcétera) que permiten y controlan la reproducción y por tanto la supervivencia y continuidad de una especie en un determinado hábitat. Consiste en una secuencia de estados morfológicos y procesos ecofisiológicos que ligan una generación con la siguiente. Para determinar el ciclo de vida del acocil peninsular se representará posteriormente esquematizado mediante la información que aporten los diferentes estudios de reproducción y crecimiento.

8. RESULTADOS

8.1 Trabajo de campo

8.1.1 Características de las zonas de colecta por Estado

8.1.1.1 Estado de Yucatán

Las zonas registradas corresponde a humedales y áreas de inundación que se forman durante la época de lluvias. Fue en Yucatán donde se colectó el primer organismo de este estudio. En las ciénegas y humedales del puerto de Progreso se tienen registros de la presencia del *Procambarus llamasii*, que no fue confirmada en este estudio. En las zonas de muestreo, hay presencia de vegetación acuática formada por *Egeria sp*, *Wolffia sp*, *Chara sp*, *Salvinia auriculata*, *Juncus sp* y *Vallisneria americana*. En cuanto a la fauna registrada se encontró gran cantidad de gasterópodos, peces (*Cichlasoma* y *Oreochromis*), anfibios (*Ranidae*) y cangrejos (*Xanthidae*). El tipo de substrato es rocoso (piedra caliza consolidada) con una capa que va de los 10 a los 30 cm de materia orgánica, según la clasificación para diferentes tipos de suelos de Shepard (1973).

8.1.1.2 Estado de Campeche

Esta región cuenta con el aporte de agua subterránea y superficial que forma ojos de agua y aguadas; hay presencia de humedales y zonas de inundación durante la época de lluvias. La presencia de ríos facilitan el riego en las localidades de Sabancuy y Escárcega, lo cual permite

que se encuentren acociles durante todo el año en estos lugares. Se colectaron mediante trapeo. La vegetación que se registró consistió principalmente de plantas herbáceas y arbustivas, así como acuáticas incluyendo *Juncus sp*, *Egeria sp*, *Wolffia sp*, *Chara sp*, *Salvinia auriculata* y *Marsilea mexicana*.

En esta zona, además de los acociles colectados, se registraron langostinos del género *Macrobrachium acanturus*, peces como: *Cichlasoma urophthalmus*, *C. friedrichstahli*, *C. octofasciatum* y *C. synspilum*, *Astyanax fasciatus*, *Petenia splendida* y *Oreochromis sp*, cangrejos (Xanthidae), jaibas y abundantes Gasterópodos como fauna acompañante. El tipo de suelo es rocoso (piedra consolidada) y hay grava presente, se encuentran arcillas y sedimento hacia el sur del estado. La materia orgánica es abundante, encontrando una columna de hasta más de 1 m.

8.1.1.3 Estado de Quintana Roo

La región norte del estado se caracteriza por su escasa profundidad en cuanto a capa de tierra, encontrando piedra caliza consolidada a menos de 10 cm, lo que limita la presencia de acociles. Al sur del estado, las zonas estudiadas, cercanas a la Ciudad de Chetumal, no presentan gran variación en cuanto a la vegetación terrestre y acuática con respecto a lo descrito para el estado de Campeche. Contrasta el mayor número de cuerpos de agua perenes y extensas zonas de cultivos agrícolas.

Se encontraron peces como: *Cichlasoma urophthalmus*, *C. friedrichstahli*, *C. octofasciatum*, *C. synspilum*, *Astyanax fasciatus* y *Petenia splendida*. En Chichancanab se capturó *Cyprinodon labiosus*, *Cyprinodon beltrani* y *Cyprinodon maya* que son especies endémicas de la laguna.

El sedimento es rocoso; se presentan arcillas provenientes de los deslaves de la sierra que se encuentra entre Chichancanab y Ticúl. Además hay abundante materia orgánica acumulada de la vegetación y de los cultivos presentes. No hay presencia de sistemas montañosos a excepción de la sierra de Ticúl, la cual es un parteaguas natural.

Está dio origen a la propuesta de Villalobos (1955) de que *P. llamas* solo se distribuía hasta Silvituj dado que se imposibilitaba su paso al estado de Quintana Roo. Sin embargo, los registros resultantes de este estudio, lo ubican hasta la frontera con Belice (río Hondo), zona que se designaba para *P. pilosimanus*. Las ubicación de las diferentes localidades estudiadas se presentan en la Tabla 4.

 COORDINACION DE SERVICIOS
DOCUMENTALES - BIBLIOTECA

Tabla 4. Ubicación de las diferentes zonas de colecta en la península de Yucatán

ESTADO	LOCALIDAD	UBICACIÓN
Yucatán	(1) Sisal	21°10'N, 90°02'W
	(2) Celestún	20°52'N, 90°24'W
	(3) Progreso	21°16'N, 89°39'W
	(4) Chocholá	20°41'N, 89°52'W
	(5) Humedales Mérida-Campeche	19°56'N, 90°22'W
	(6) Dzilam Bravo	21°20'N, 88°50'W
Campeche	(7) El Zapote (Río Siho)	19°21'N, 90°43'W
	(8) Ignacio Zaragoza	18°21'N, 91°13'W
	(9) Vicente Guerrero	19°12'N, 90°43'W
	(10) Laguna Silvituj	18°38'N, 90°16'W
	(11) Sabancuy	18°53'N, 91°02'W
	(12) Rancho Yuntakil	18°55'N, 91°09'W
	(13) Tancuche	20°30'N, 90°16'W
	(14) El Remate	20°32'N, 90°24'W
	(15) Candelaria	18°22'N, 91°11'W
	(16) Seybaplaya	19°23'N, 90° 43'W
Quintana Roo	(17) Chiquilá	21°25'N, 87°20'W
	(18) Carretera a Mahahual	18°58'N, 88°01'W
	(19) Solferino	21°25'N, 87°22'W
	(20) Laguna Ocom	19°27'N, 88°01'W
	(21) Becán	18°30'N, 89°26'W
	(22) González Ortega	18°29'N, 88°40'W
	(23) Cenote Nohbec	19°09'N, 88°10'W
	(24) Puente Valle Hermoso	19°10'N, 88°31'W
	(25) Río Ucum	18°30'N, 88°30'W
	(26) Laguna Chichancanab	19°52'N, 88°46'W
	(27) Cocoyol (Río Hondo)	18°09'N, 88°41'W

8.1.2 Similitud de las diferentes zonas de colecta

En las Tablas 5,6 y 7 se observan la presencia-ausencia de las diferentes especies registradas de peces, plantas y tipos de suelo. Asimismo en las Figuras 4, 5 y 6 se observa el dendograma del porcentaje de similitudes de las diferentes zonas de colecta para peces, plantas y diferentes tipos de suelo. El análisis de conglomerados indicó una marcada diferencia entre la parte norte y sur de la península, ocasionado por las características geológicas de la misma.

En lo referente a peces dulceacuicolas registrados, se aprecian diferencias por estado. Se encontró una mayor diversidad en el estado de Quintana Roo en su parte sur que en los estados de Campeche y Yucatán. Sin embargo, la presencia de *Cichlasoma* en toda la península es clara. Un factor a analizar es el efecto de la constante introducción de la tilapia en toda la región, sobre todo en la laguna de Chichancanab, donde se localizan especies endémicas.

Se observó una marcada diferencia en la flora registrada por zonas geográficas entre la parte norte y sur de la Península. En la zona sur se observó una constante presencia de plantas acuáticas ocasionada por los cuerpos de agua perennes como aguadas, cenotes, represas y ríos. Durante la temporada de lluvias, aparecen humedales a las orillas de la carretera. En época de secas solo se observó pastizales y maleza. Asimismo se observó zonas agrícolas, donde durante la época de secas se realizan quemas para desmontar y enriquecer las tierras de cultivo en los tres estados de la Península. La silvicultura se practica en el centro y sur de Campeche y Quintana Roo.

En la zona norte se aprecia plantas acuáticas sólo durante la temporada de lluvias, que es cuando se aparecen los humedales. Se observaron plantas características de zonas semi-desértica como las Cactáceas. Asimismo, al acercarse a la zona costera se observaron manglares.

Los diferentes tipos de substrato clasificados indican que en la zona norte se encuentra piedra calcaría consolidada y arena en la costa y sus alrededores, geológicamente es la parte joven de la Península. En la zona central y sur se encontraron rocas, guijarros, sedimento y arcillas, con abundante materia orgánica, geológicamente es la zona vieja, es por ello la mayor diversidad en tipos de suelo.

El análisis de conglomerados de las especies identificadas de peces y plantas junto con los diferentes tipos de suelo permiten determinar dos diferentes zonas en la Península de Yucatán, la Norte (la zona emergente más reciente o cárstica), con escasos cuerpos de agua, principalmente cenotes y un tipo de suelo rocoso y la Sur (zona alta o vieja), con agua casi todo el año, fauna y vegetación con mayor variedad y varios tipos suelo.

Tabla 5. Presencia-ausencia de peces registrados en las diferentes zonas de colecta

Zonas de colecta	Especies registradas									
	<i>Oreochromis</i>	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	<i>C. friedrichstahli</i>	<i>C. uctofasciatum</i>	<i>C. synspilum</i>	<i>Astyanax fasciatus</i>	<i>Petenia splendida</i>	<i>Cyprinodon labrosus</i>	<i>Cyprinodon beltrani</i>	<i>Cyprinodon maya</i>
Chiquilá	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Solferino	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Becán	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
González Ortega	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Río Ucum	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Cocoyol (Río Hondo)	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Mahahual (km 40)	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Puente Salud	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Chichancanab	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Nohbec	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Puente Valle Hermoso.	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Río Siho	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Vicente Guerrero	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabancuy	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rancho Yuntakil	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tancuche	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
El Remate	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabancuy-Escarcega	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Candelaria	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ignacio Zaragoza	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Seybaplaya	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Centenario (Silvituj)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Sisal	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Celestún	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Progreso	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mérida-Campeche	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Chochola	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dzilam Bravo	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

0 = Ausencia, 1 = Presencia

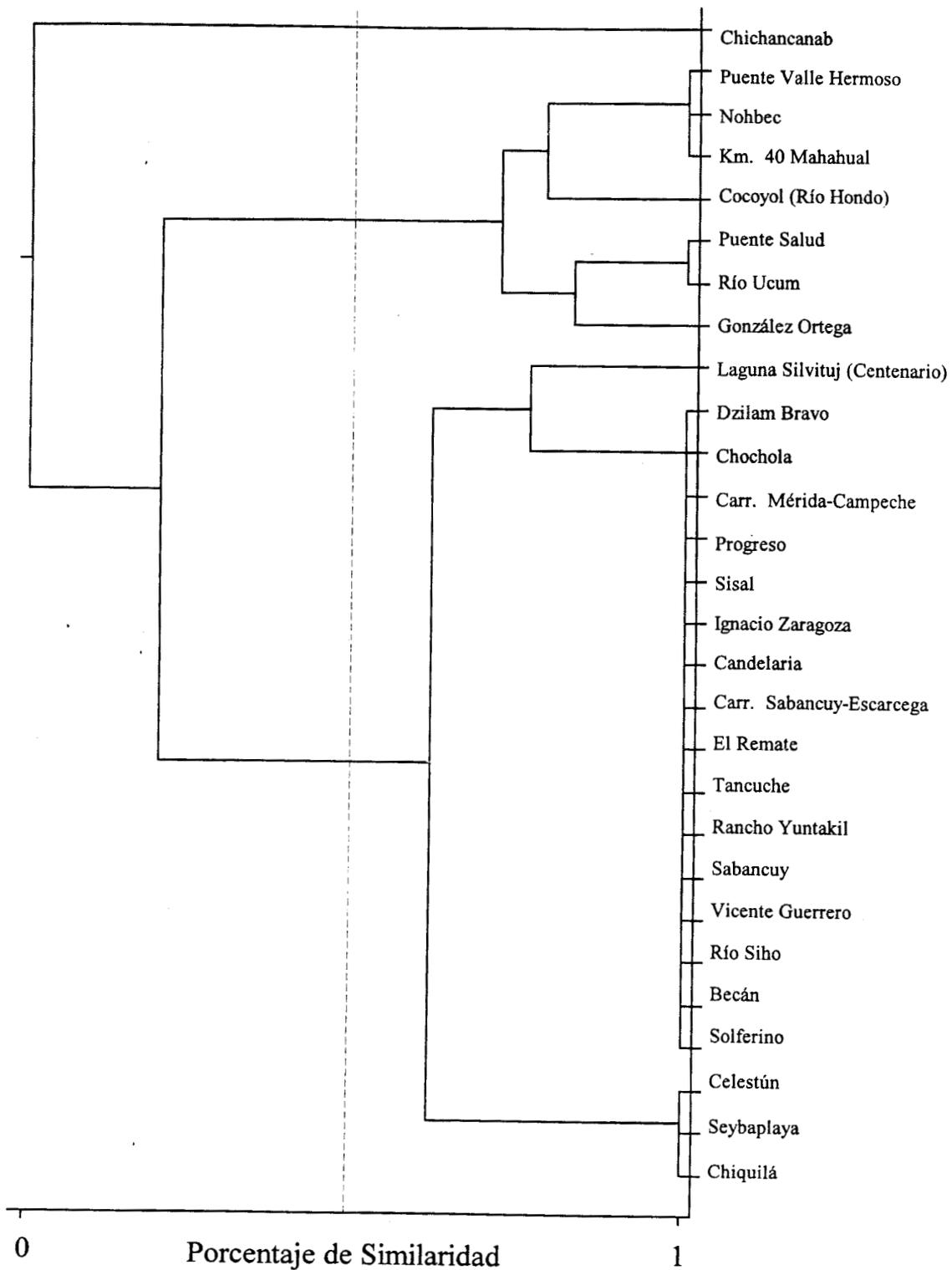


Figura 4. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes especies de peces registrados

Tabla 6. Presencia-ausencia de plantas registradas en las diferentes zonas de colecta

Zonas de colecta	Especies registradas						
	<i>Egeria sp</i>	<i>Wolffia sp</i>	<i>Chara sp</i>	<i>Salvinia auriculata</i>	<i>Juncos sp</i>	<i>Vallisneria americana</i>	<i>Marsilea mexicana</i>
Chiquilá	1	1	0	0	1	0	0
Solferino	1	0	0	0	1	0	0
Becán	1	0	0	0	1	0	0
González Ortega	1	1	1	1	1	0	1
Río Ucum	1	1	1	1	1	0	1
Cocoyol (Río Hondo)	1	1	1	1	1	0	1
Mahahual (km 40)	1	1	1	1	1	0	1
Puente Salud	1	1	1	1	1	0	1
Chichancanab	1	1	1	1	1	0	1
Nohbec	1	1	1	1	1	0	1
Puente Valle Hermoso	1	1	1	1	1	0	1
Río Siho	1	1	1	1	1	0	1
Vicente Guerrero	1	1	1	1	1	0	1
Sabancuy	1	1	1	1	1	0	1
Rancho Yuntakil	1	1	1	1	1	0	1
Tancuche	1	1	1	1	1	0	1
El Remate	1	1	1	1	1	0	1
Sabancuy-Escarcega	1	1	1	1	1	1	1
Candelaria	1	1	1	1	1	1	1
Ignacio Zaragoza	1	1	1	1	1	1	1
Seybaplaya	1	1	1	1	1	1	1
Silvituj	1	1	1	1	1	1	1
Sisal	1	1	1	1	1	1	1
Celestún	1	1	1	1	1	1	1
Progreso	1	1	1	1	1	1	1
Mérida-Campeche	1	1	1	1	1	1	1
Chochola	1	1	1	1	1	1	1
Dzilam Bravo	1	1	0	1	1	0	1

0 = Ausencia, 1 = Presencia

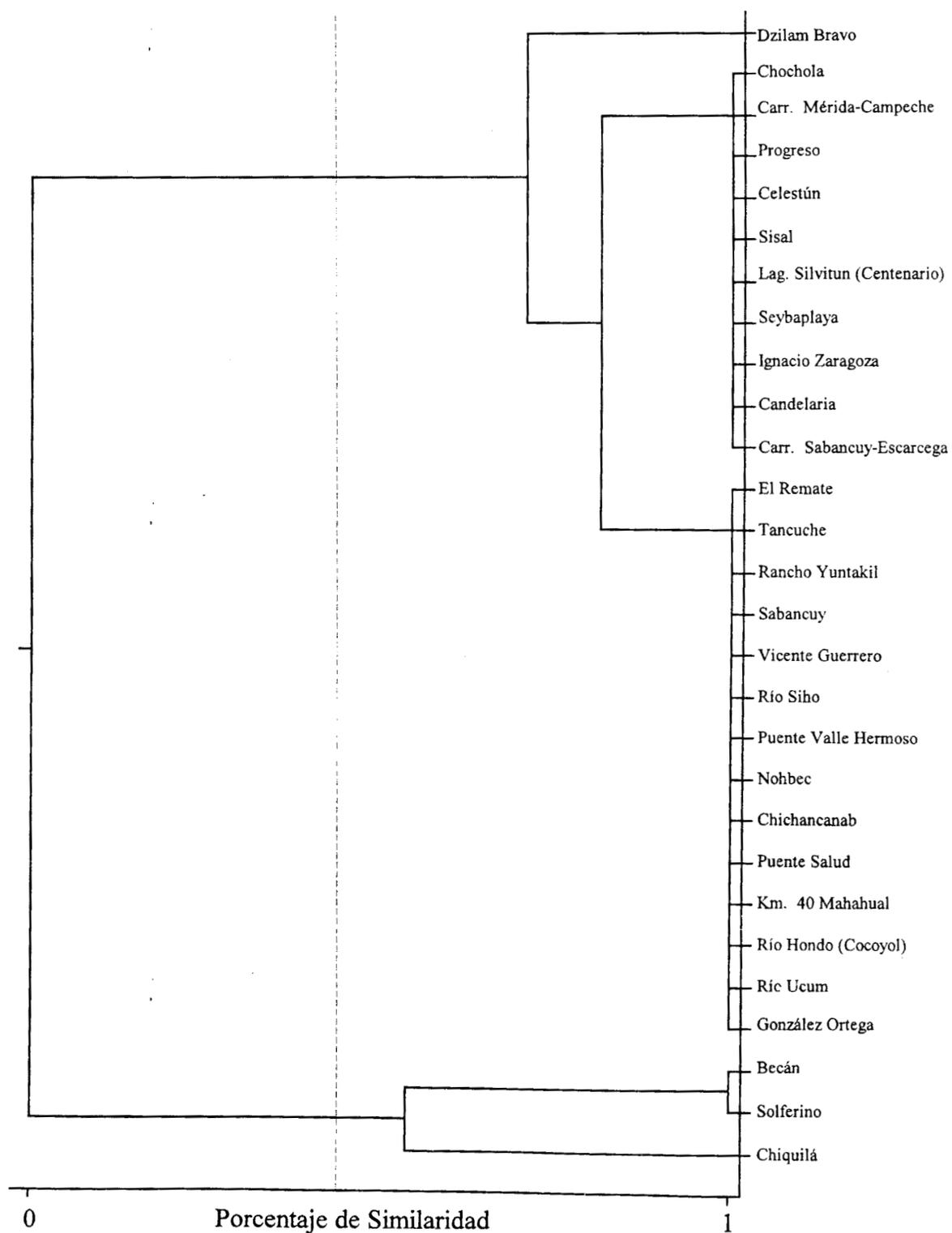


Figura 5. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes especies de plantas registradas

Tabla 7. Presencia-ausencia de los diferentes tipos de suelo en las zonas de colecta

Zonas de colecta	Tipos de Suelo				
	Rocoso	Grava	Arena	Sedimento	Arcilla
Chiquilá	1	0	1	1	0
Solferino	1	0	1	1	0
Becán	1	1	0	1	1
González Ortega	1	1	0	1	1
Río Ucum	1	1	0	1	1
Cocoyol (Río Hondo)	1	1	0	1	1
Mahahual (km 40)	1	1	0	1	1
Puente Salud	1	1	0	1	1
Chichancanab	1	1	0	1	1
Nohbec	1	1	0	1	1
Puente Valle Hermoso	1	1	0	1	1
Río Siho	1	1	0	1	0
Vicente Guerrero	1	1	0	1	0
Sabancuy	1	1	1	1	1
Rancho Yuntakil	1	1	1	1	1
Tancuche	1	1	0	1	1
El Remate	1	1	0	1	0
Sabancuy-Escarcega	1	1	0	1	0
Candelaria	1	1	0	1	0
Ignacio Zaragoza	1	1	0	1	1
Seybaplaya	1	1	1	1	0
Centenario (Silvituj)	1	1	0	1	1
Sisal	1	0	1	1	0
Celestún	1	0	1	1	0
Progreso	1	0	1	1	0
Mérida-Campeche	1	1	0	1	0
Chochola	1	1	0	1	0
Dzilam Bravo	1	1	1	1	0

0 = Ausencia, 1 = Presencia

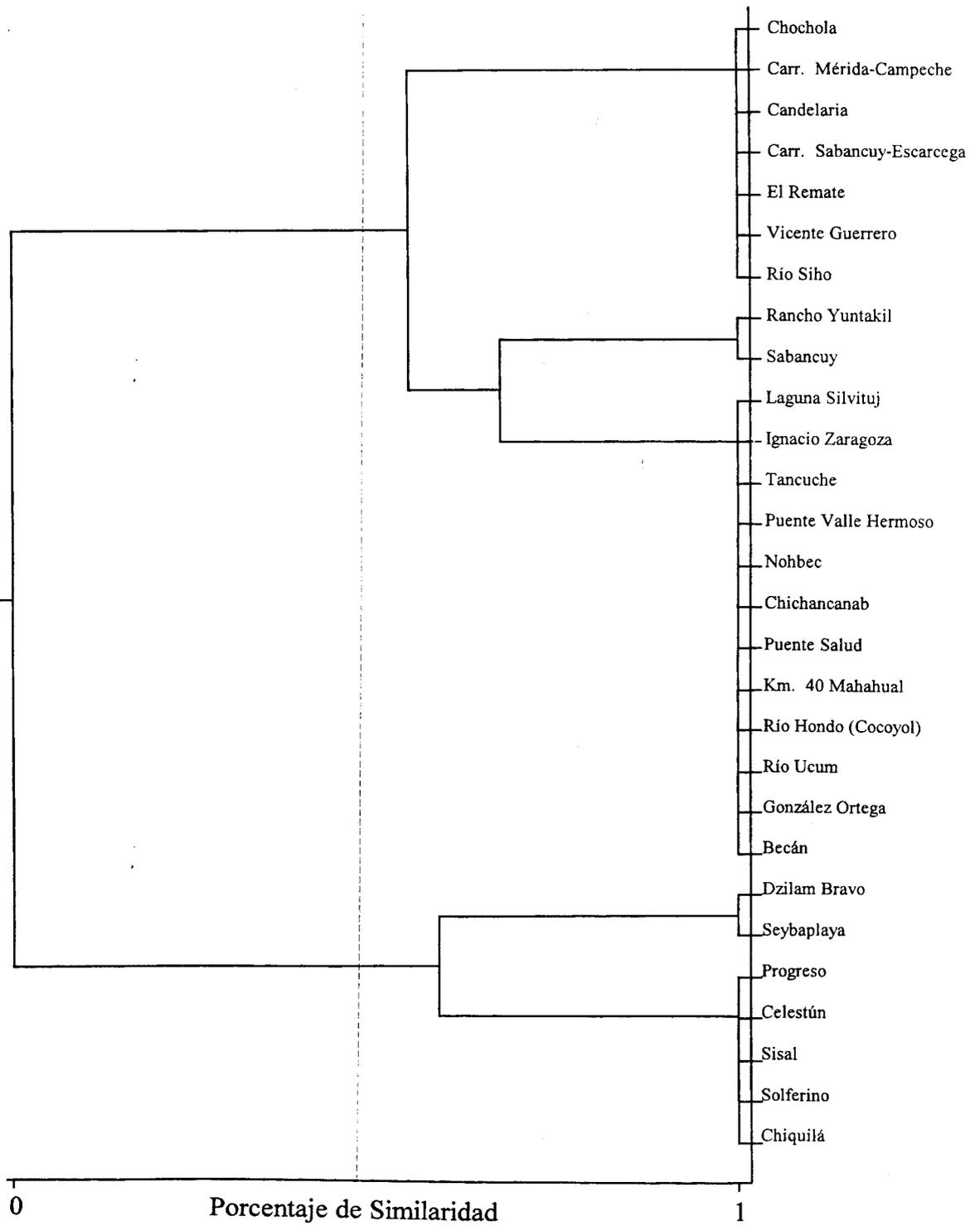


Figura 6. Similitud de zonas de muestreo utilizando análisis de conglomerados con base al índice Ochiai para diferentes tipos de suelo registrados

8.1.3 Distribución de *Procambarus* en la península

La información generada de las colectas y del análisis de conglomerados, permite proponer la actual distribución del acocil en la Península de Yucatán. Asimismo al acompañarse de los datos de presencia-ausencia de los acociles colectados en las diferentes localidades permite explicar del porque de su presencia y/o ausencia. En la parte norte de la Península durante el registro anual no se encontró la presencia de *Procambarus*. Hasta este momento no se ha colectado ningún ejemplar. Esto es ocasionado, como se comento anteriormente, por los escasos cuerpos de agua y el tipo de suelo, roca consolidada, que permite la filtración del agua proveniente de las lluvias. Al noroeste, rumbo a la Ciudad de Campeche se encontraron humedades donde se colectaron un total de 10 ejemplares.

En contraste con lo anterior, la presencia de *Procambarus* se incrementó según se avanzó hacia el sur de la Península (Figura 7). En las zonas de colecta del sur se encontró agua todo el año, ejemplo de ello son las lagunas de Silvituj y Chinchancanab, así como en varios ojos de agua rumbo a la ciudad de Chetumal. La riqueza del medio en este región, favorece el aumento de la variedad en fauna acuática y vegetación. Asimismo, al presentarse en esta zonas un tipo de suelo rocoso con arcillas, permite que el acocil construya cuevas o que se entierre fácilmente, lo cual le ayudan a su protección, crecimiento y reproducción, aunado al abundante sedimento producto de la descomposición de las plantas que complementa su alimentación.

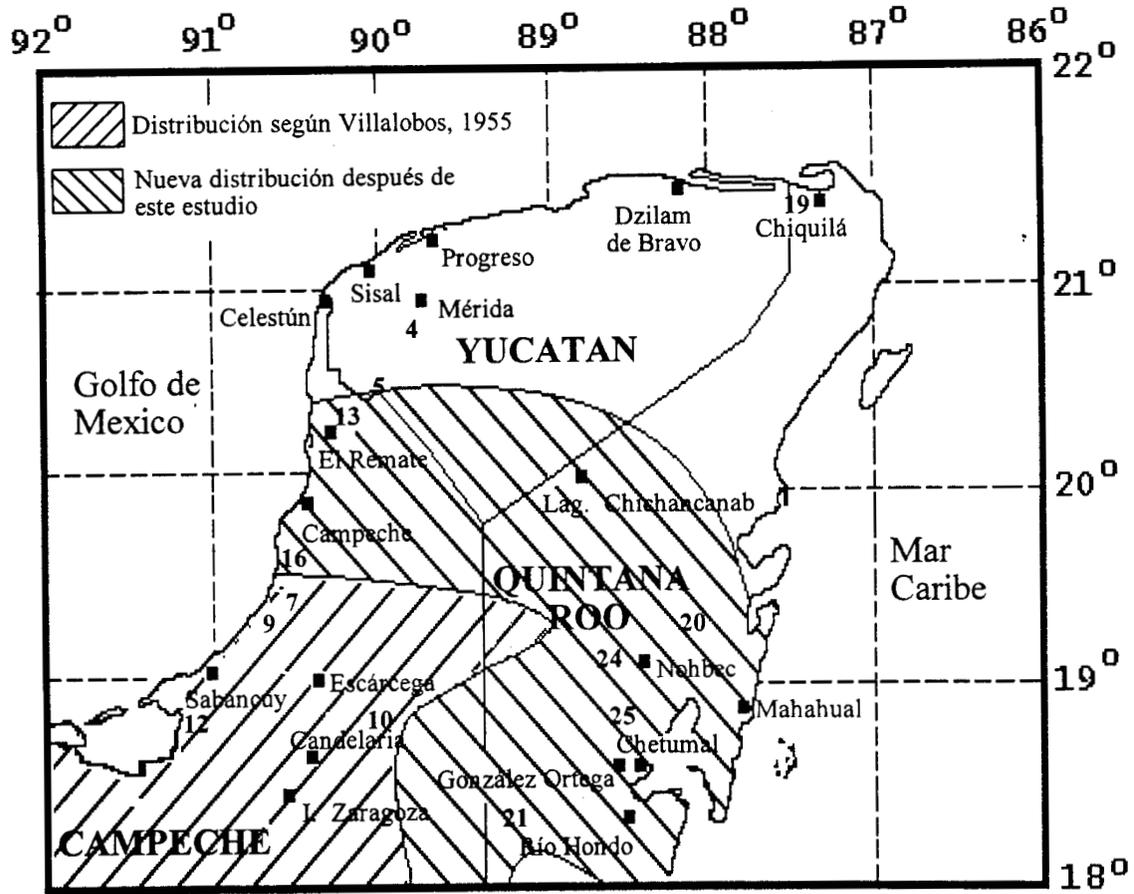


Figura 7. Distribución del *Procambarus (A.) llamas* en la Península de Yucatán

En estas zonas se colectaron 600 animales entre los estados de Campeche y Quintana Roo. La mayor colecta se obtuvo en la localidad de Ignacio Zaragoza, Campeche, con un número de 450 animales. En las zonas de González Ortega, Mahahual y Río Hondo en el estado de Quintana Roo se localizó por primera vez al *Procambarus llamas*. No se encontró más que una sola especie de *Procambarus* para toda la península, contrario a lo reportado por Villalobos (1955) quien registró además a *Procambarus pilosimanus*.

8.2 Trabajo de laboratorio

No se encontraron virus, hongos, bacterias, algas u otro tipo de parásitos en los animales introducidos a los sistemas de cultivo por lo que se consideró que los lotes estaban sanos y podía proseguirse con el manejo de los organismos en cautiverio.

Solo se observaron algunos ectocomensales en el caparazón de la mayoría de los animales, los cuales se retiraron para su observación, identificándose como de la clase: Turbellarians, orden: Neorhabdocoela y del suborden: Temnocephalida. Se decidió no aplicar tratamiento químico para su eliminación sino recambios diarios de agua, ya que se encontró que no causaban daño alguno. Los ectocomensales se desprendieron a los cinco días sin necesidad de utilizar ningún mecanismo químico o manual para retirarlos.

8.2.1 Caracterización Taxonómica

Los animales fijados consistieron en juveniles y adultos. Se identificaron a los organismos colectados de las diferentes localidades de los tres Estados de la Península como *Procambarus (Austrocambarus) llamasii* (Figura 8). Asimismo no se observó diferencias en la biología de entre los organismos vivos capturados de las diferentes zonas de colectas, llevados a adultos, bajo condiciones de laboratorio.

Clasificación taxonómica

Subfilum:	Crustácea
Clase:	Malacostraca
Orden:	Decápoda
Suborden:	Pleocyemata
Infraorden:	Astacidea
Superfamilia:	Astacoidea
Familia:	Cambaridae
Subfamilia:	Cambarinae
Género:	<i>Procambarus</i>
Subgénero:	<i>Austrocambarus</i>
Especie:	<i>llamasi</i>

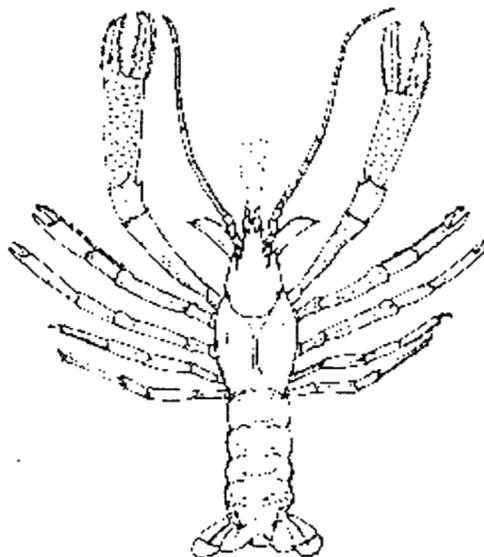


Figura 8. *Procambarus (A.) llamasi* (Tomado de Mendoza, 1994)

Según la clasificación de Hasiotis (1993) las características morfológicas presentadas por *P. llamasi* lo definen como una especie de hábitos cavadores de tercer tipo (quelas delgadas, cefalotórax angosto y abdomen grueso).

Procambarus llamasi se caracteriza por presentar tallas grandes, con una longitud total que varía de 81 a 90 mm. Caparazón con dos espinas laterales a cada lado. Hasta cuatro espinas branquiostegales, normalmente tres. Rostro ancho en su base; bordes convergentes; espinas laterales presentes; espina acuminal larga y puntiaguda, alcanzando el borde articular distal del tercer artejo antenular. Pereiópodos del primer par tan largos como la longitud del cuerpo; porción dactilar de la quela cubierta de cerdas. Gancho en los isquiopoditos de los pereiópodos del tercer par. Pleópodos del primer par en el macho de la forma I, con el proceso mesial aplanado en sentido cefalocaudal; proyección central poco desarrollada; hombro de declive muy inclinado.

El *Annulus ventralis* de la hembra es de contorno romboidal en su base, con depresiones en las caras anterolaterales; su parte media está hendida en la porción cefálica por el surco, el cual se dirige oblicuamente hacia la región apical o su dirección puede ser recta, ahí forma una figura de S, inclinada de derecha a izquierda. A veces esta S puede estar invertida. También se presenta un tubérculo entre el quinto par de pereiópodos de la hembra de forma cónica.

En las láminas 1 y 2 (tomadas de Villalobos, 1955) se observan las diferentes partes que permiten su identificación taxonómica. Algunas medidas morfométricas para machos forma I y II y hembras se presentan en la tabla 8.

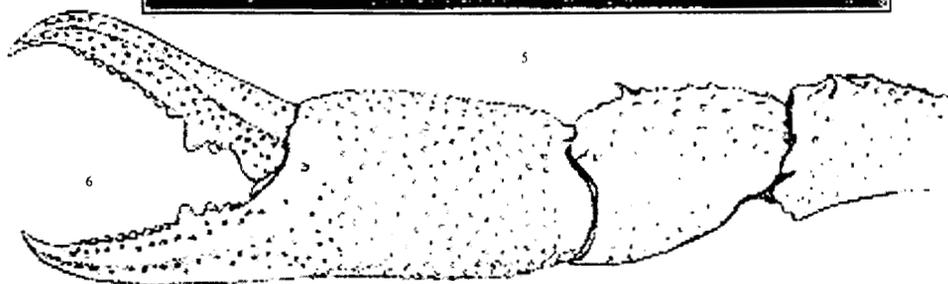
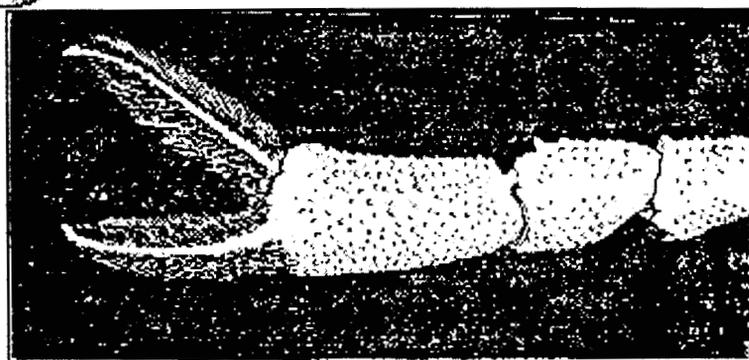
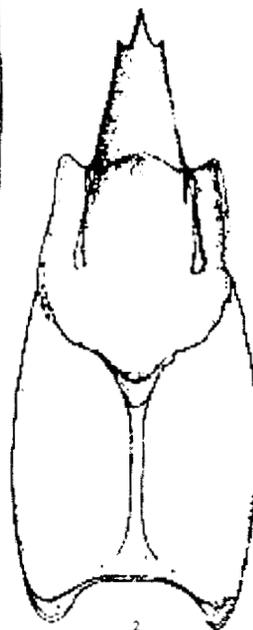
Tabla 8. Medidas morfométricas para machos y hembras de *P. llamas*

Medidas (mm)	Villalobos, 1955			Datos de la tesis		
	♂ I	♂ II	♀	♂ I	♂ II	♀
Longitud total	81.4	68.9	81.4	82.0	81.0	80.0
Longitud del caparazón	41.9	31.8	40.5	42.0	40.0	39.0
Parte anterior del caparazón	28.1	21.5	27.0	21.0	19.0	19.0
Longitud de la aréola	12.8	10.0	13.5	15.0	11.0	13.0
Anchura de la aréola	1.0	0.4	1.0	2.0	1.0	1.0
Longitud del abdomen	40.5	37.1	40.9	42.0	42.0	41.0
Anchura posterior del rostro	6.0	5.4	6.0	8.0	5.0	6.5
Longitud de la pinza	37.1	9.5	26.1	39.0	38.0	26.0
Longitud del dedo móvil	19.4	10.7	18.8	20.0	16.0	19.0

Lámina 1. Macho de la forma I de *Procambarus llamas*.

- 1) Vista lateral del caparazón
 - 2) Vista dorsal del mismo
 - 3) Epistoma
 - 4) Escama antenal
 - 5) Quela mostrando la pubescencia de los dedos
 - 6) Quela desprovista de las cerdas
 - 7) Pereiódodos II a V
-

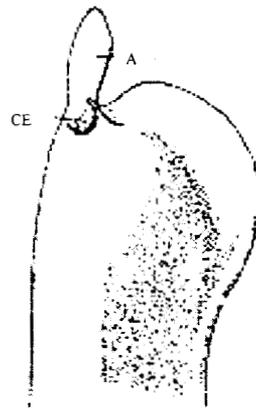
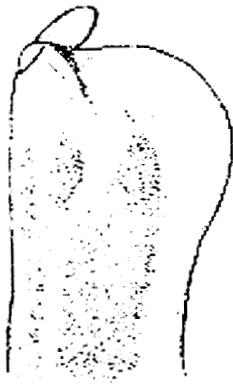
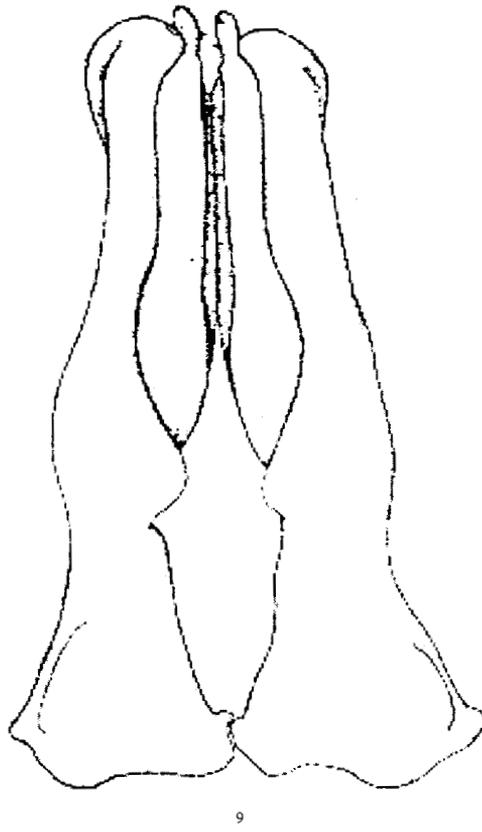
222481




COORDINACION DE SERVICIOS
DOCUMENTALES - BIBLIOTECA

Lámina 2. Órganos reproductivos del *Procambarus llamasi*

- 8) Pereiópodo del primer par
 - 9) Vista caudal de los pleópodos del primer par
 - 10) Vista mesial
 - 11) Vista lateral
 - 12) Vista cefálica de la región apical
 - 12 a) Proceso mesial
 - 12 ce) Proyección central
 - 13) Vista cefálica de la región apical del pleópodo del primer par del macho forma II
 - 14) *Annulus ventralis*
-



8.2.2 Biología

En el primer experimento se presentó agresividad en el sistema de crecimiento. Se registró una mortalidad acumulada del 40% durante los 45 días iniciales, sin embargo, esta se controló mediante la colocación de refugios en proporción de 1:1. Los resultados de algunos parámetros de la calidad del agua y la temperatura anual que se registraron durante los experimentos de crecimiento en el sistema se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Registros de algunos parámetros de la calidad del agua y de temperatura tomados en el sistema de crecimiento de *P. llamas* durante un ciclo anual

Parámetro	N	\bar{x}	\pm D.E.	Mínimo	Máximo
Dureza (CaCO ₃ /l)	3	388.50	33.70	302.10	416.00
Amonio (mg/l)	3	0.30	0.20	0.04	0.64
Nitrito (mg/l)	3	0.80	0.70	0.01	2.02
Nitrato (mg/l)	3	4.10	0.80	2.81	5.10
Temperatura	\bar{x}	\pm E.D.	Mínima	Máxima	
	26.7 (anual)	1.33	20 (Enero)	29.4 (Agosto)	
Enero	24.2	2.19	20	27.0	
Abril	26.0	1.00	25	27.0	
Septiembre	26.5	1.06	24	29.1	

8.2.2.1 Fecundidad y Reproducción

Como resultado del amplexo sexual con frecuencia se presenta daño en las hembras tales como la pérdida de apéndices, antenas o quelas. La copulación (Figura 9), ocurre en la etapa juvenil cuando alcanzan de 31 a 36 mm longitud total, cuando se realizan los primeros intentos de amplexos. Sin embargo, no se presentan desoves hasta que la hembra llega a la talla mínima de reproducción, que es 40 mm de longitud total (95% límite de confianza; n = 96).

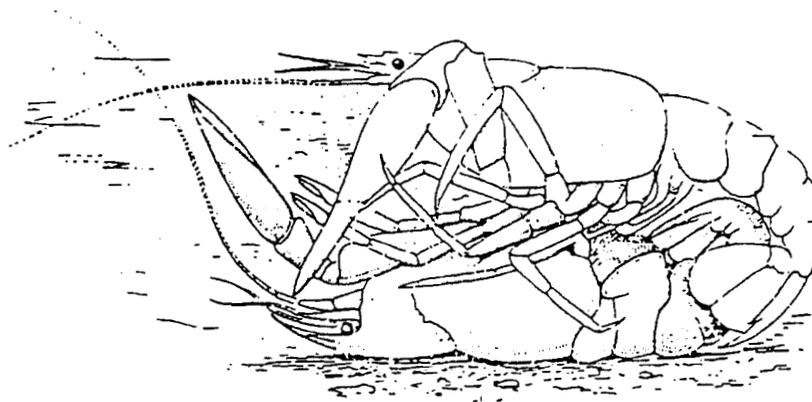


Figura 9. Amplexo sexual de *Procambarus llamas* (Tomado de Mendoza, 1994)

En el área de reproducción se confinaron individualmente las hembras cargadas en un refugio. Dado que la hembra no dejó de comer durante la incubación, se suministró de dos a tres “pelets” por cada hembra. Cuando las crías fueron liberadas, se procuró tener alimento suficiente en el sistema para evitar el canibalismo.

El tiempo para la obtención de la primera generación bajo condiciones de laboratorio fue de 6 meses obteniéndose un total de 4,306 crías generadas por 46 hembras. Estas presentaron una talla promedio de 58.6 mm (\pm SE 1.397; \pm SD 60; Max: 87mm; Min: 41mm; n = 46), con un número promedio de huevos para cada una de 311 (\pm SE 18.332; \pm DS=124.3; Max: 700; Min: 200; n = 25).

La viabilidad de los desoves fue en promedio de 31.9% (\pm SE 4.651; \pm SD 22.78; Max: 95.45; Min: 4.4; n = 46). Se observó que los huevos de las hembras con longitud de 60 mm presentaron la mayor viabilidad, mientras que la menor se determinó para las de longitud de 44 mm (Figura 10).

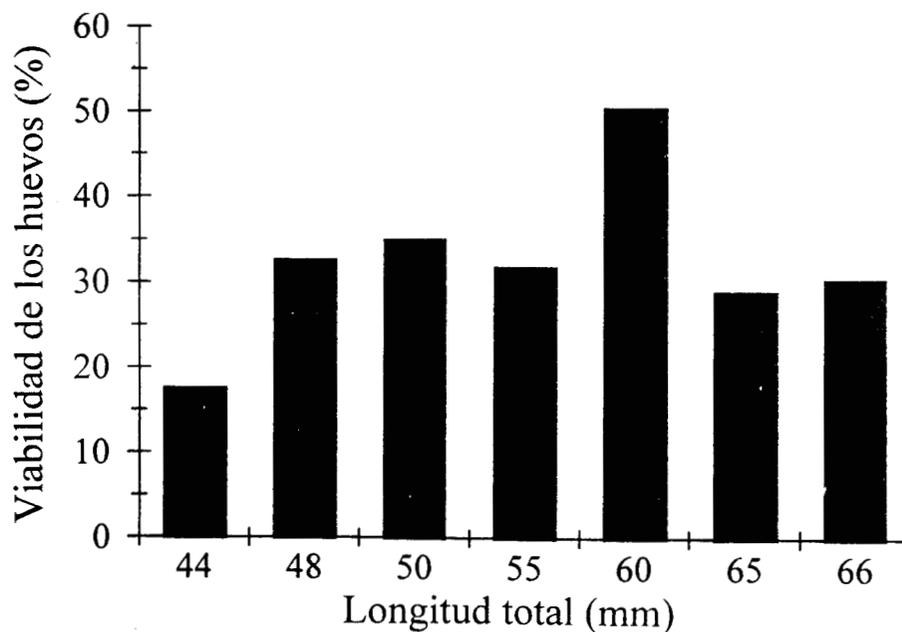


Figura 10. Porcentaje de viabilidad de los huevos en relación a la talla de *P. llamas*

Se observó que las hembras colectadas del medio natural perdían los huevos y tenían baja viabilidad. Esto se debió a que las madres no limpiaban y airean constantemente los huevos durante el proceso de incubación, además de que frecuentemente no presentan el doblamiento característico de la cola. El promedio de hembras que no llegaron a término el desove fue de 35.2% (25 hembras del total = 96 hembras cargadas, descontando hembras utilizadas para el conteo de huevos), su talla se encontró entre los 45 y 50 mm.

Sin embargo, las nuevas hembras ovígeras de la segunda generación mantenidas bajo condiciones de cautiverio, presentaron una mejor adaptación al confinamiento, al alimento y en consecuencia se reprodujeron durante todo el año con una alta viabilidad, lo cual hace suponer una posible reproducción continua bajo condiciones controladas.

La mayor frecuencia de desoves se presentó en los meses de mayo-julio cuando empieza la temporada de lluvias, disminuyendo durante la época de nortes de septiembre a noviembre (Figura 11).

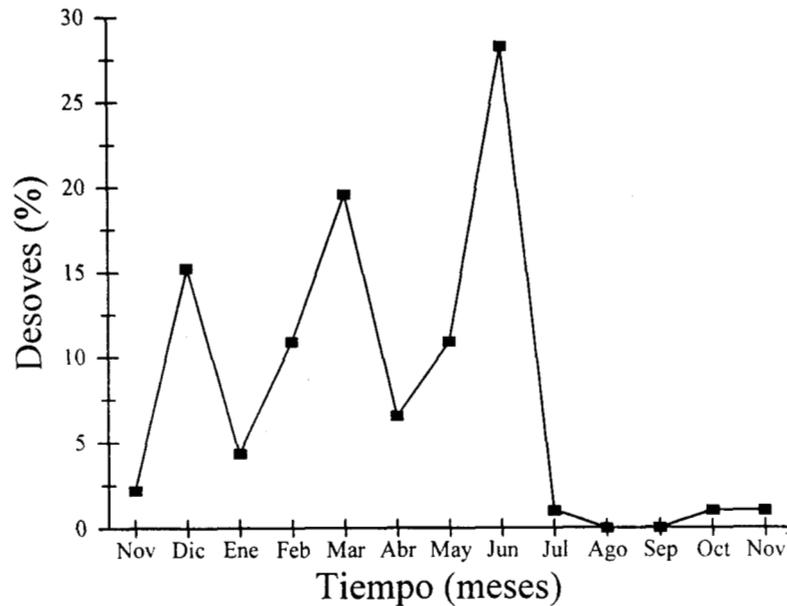


Figura 11. Frecuencia de desoves de *P. llamasii* durante un ciclo anual

El desarrollo de los huevecillos se presenta en la Tabla 10, la separación de los juveniles de la madre se presenta de manera sincrónica. La relación entre el número de huevos y la longitud total de la hembra se representa por la ecuación lineal: $Y = -355.62 + 11.513 X$ ($r^2 = 0.645$; $\pm SE$ 1.318) (Figura 12).

8.2.2.2 Crecimiento

En las Figuras 13 y 14 se presenta la distribución por tallas para ambos sexos de toda la población de adultos, observándose un crecimiento mayor para los machos, que están dentro de un intervalo de 58 a 76 mm, mientras que las hembras se encuentran entre 58 y 68 mm.

Tabla 10. Características de los huevos de *P. llamas* durante la incubación

Estadio	Duración (días)	Color	Características morfológicas
1	1-5	Amarillo	Huevos hundidos y pequeños
2	6-10	Verde	Huevos esféricos y agrandados
3	11-13	Verde olivo	Huevos esféricos
4	14-16	Café oscuro	Alargamiento del huevo
5	17-21	Naranja	Forma visible de la cría
6	22-26	Rojo	Ojos visibles
7	27-30	Blanco-Gris	Juvenil

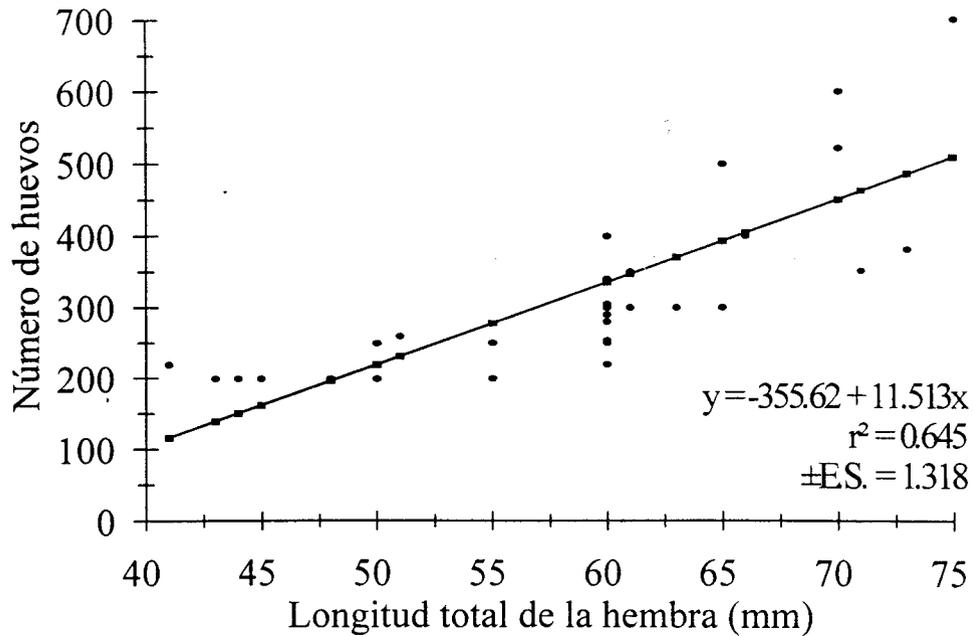


Figura 12. Relación entre la longitud total de la hembra y el número de huevos

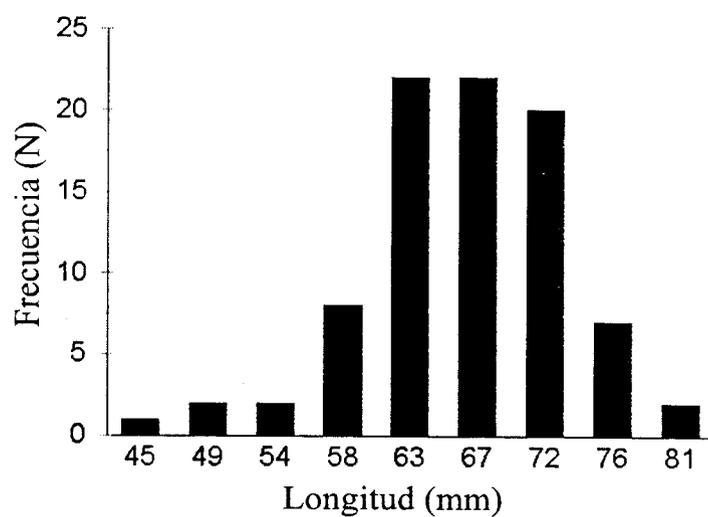
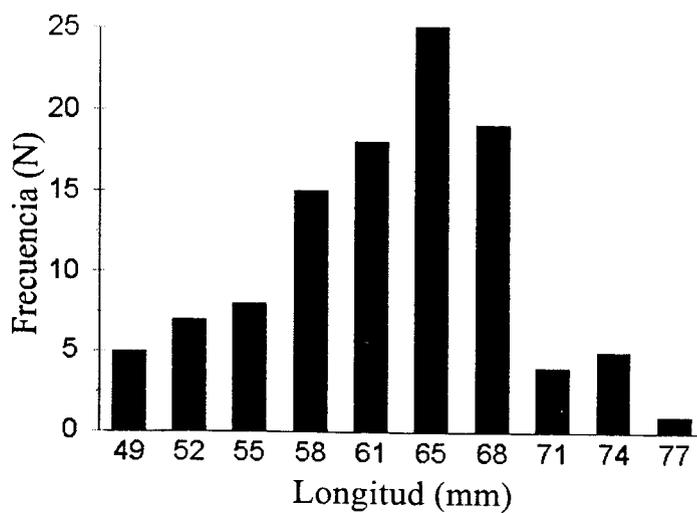


Figura 13. Distribución de tallas para machos de *P. llamas*



Figuras 14. Distribución de tallas para hembras de *P. llamas*

En las Figuras 15, 16 y 17 se presentan las relaciones peso:longitud para machos, hembras y ambos sexos mezclados. En la Tabla 11 se incluyen las ecuaciones entre el peso y la longitud para la población, machos y hembras. La relación que se obtuvo entre el peso y la longitud del *P.*

llamasi indicó un crecimiento isométrico del organismo.

Tabla 11. Relación de peso-longitud en el *P. llamasi*

	Ecuación	W max (g)	L max (mm)
Hembras	$W=0.000137L^{2.63}$	14.14	80
Machos	$W=0.000149L^{2.64}$	18.15	85
Población (mezcla)	$W= 0.000079L^{2.77}$	17.97	85

W max = Peso máximo, L max = Longitud máxima

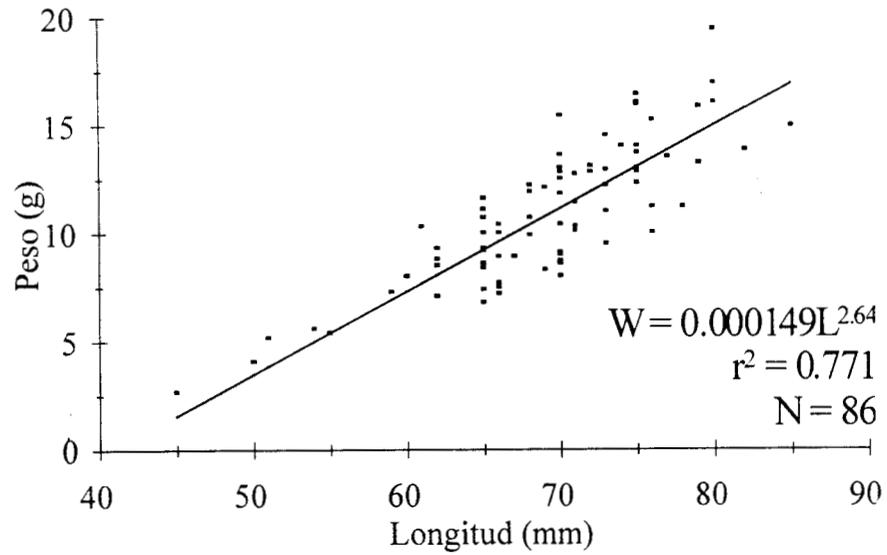


Figura 15. Relación peso-longitud para machos de *P. llamas*

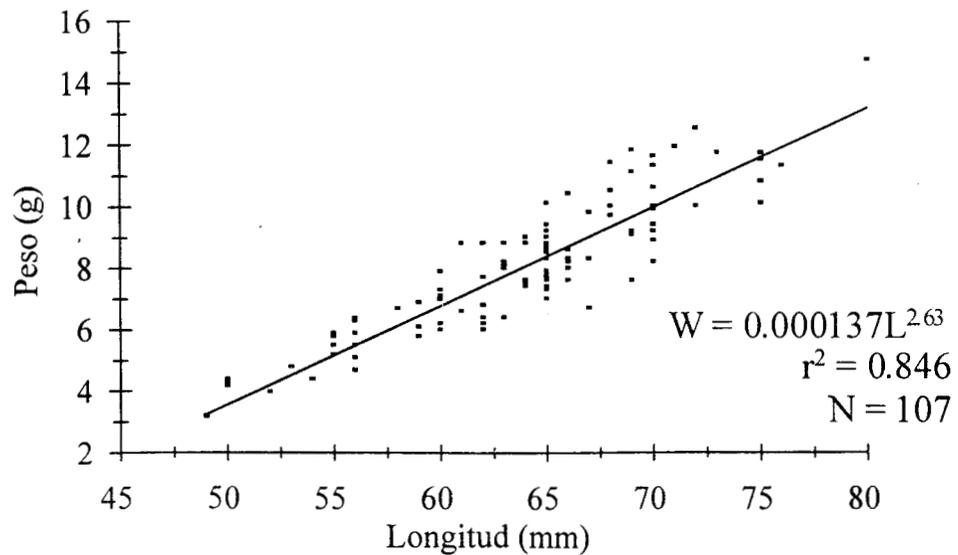


Figura 16. Relación peso-longitud para hembras de *P. llamas*

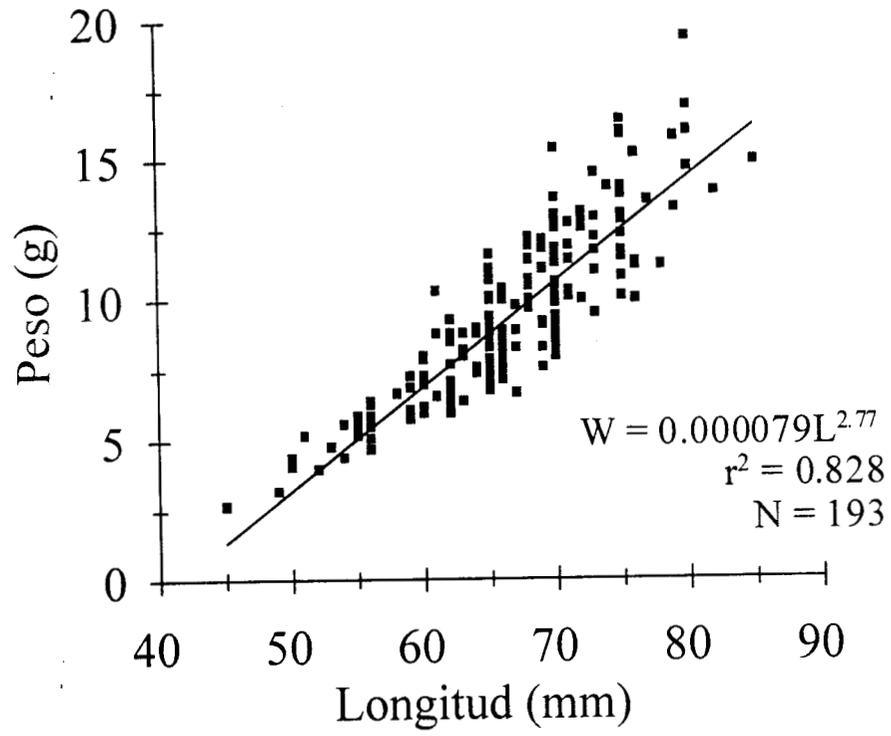


Figura 17. Relación entre el peso y la longitud para la población de *P. llama*

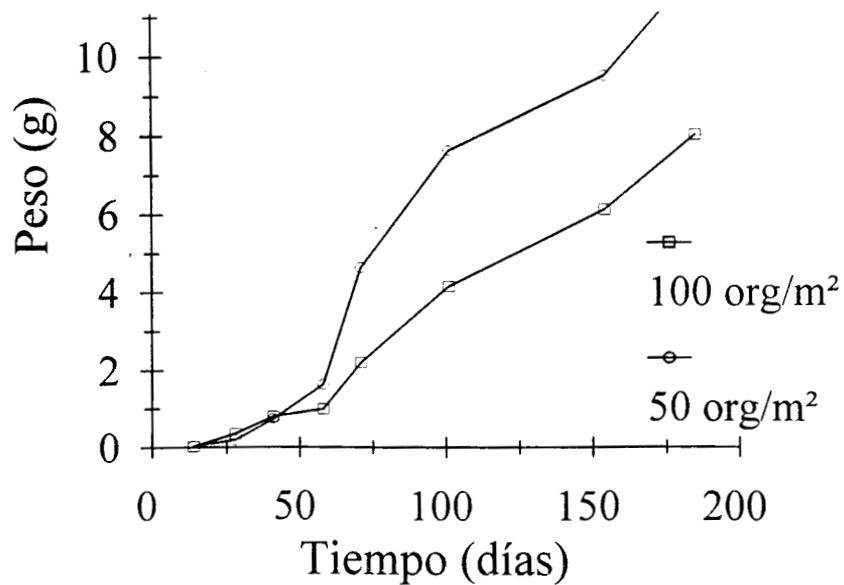
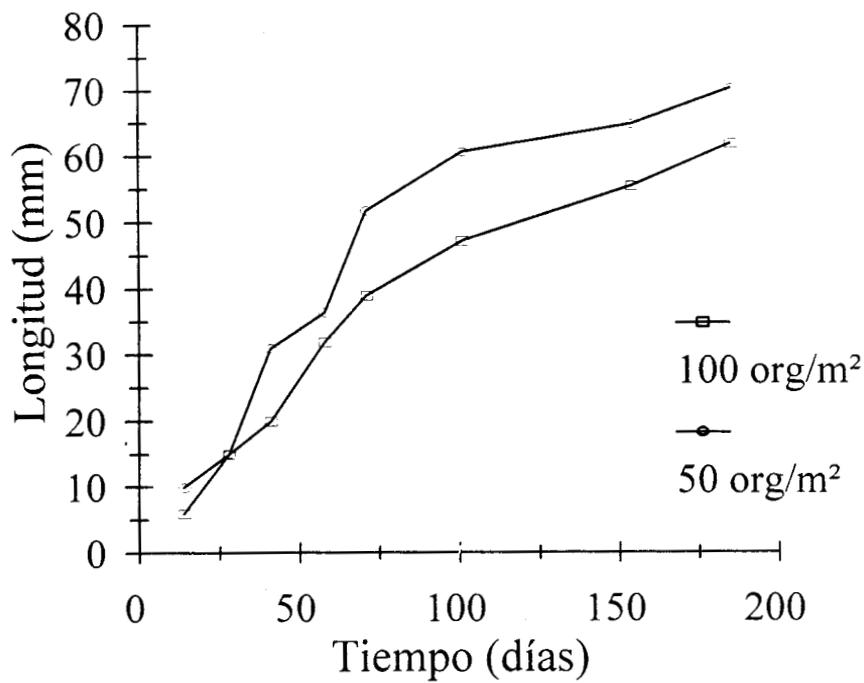
Los resultados del crecimiento bajo dos densidades se presentan en la Tabla 12. El análisis estadístico realizado mediante la T de Student no indicó diferencias significativas en el peso inicial promedio, tasa específica de crecimiento y tasa de conversión del alimento. Se presentaron diferencias estadísticas en la sobrevivencia, peso final, peso promedio individual, porcentaje en peso ganado y alimento consumido, lo que indicó un mejor crecimiento bajo una densidad de 50 org/m².

222481

En las Figuras 18 y 19 se presentan las curvas de crecimiento en longitud y peso bajo las dos densidades estudiadas, en las cuales se observa un crecimiento ligeramente mayor en la densidad de 50 org/m² al final de los 185 días de experimentación. Sin embargo, el análisis de T de Student (NS = 0.408; T = 0.85; p>0.05) y el de covarianza (F = 9.379; p>0.05) no indicaron diferencias entre las curvas para el crecimiento en peso. Asimismo, se observó que la talla mínima comercial según la Crawfish Farmer Association (1994) se obtuvo entre los 100 y los 130 días de cultivo.

Table 12. Resultados del crecimiento de *Procambarus llamas* bajo dos densidades

Parámetros	100 org/m ²	50 org/m ²	Ttest	P
Sobrevivencia (%)	58 ^a	72 ^b	6.948	0.01
Peso inicial (mg)	61 ^a	62 ^a	0.5	0.649
Peso final (mg)	7.048 ^a	9.456 ^b	35.259	0.00002
Peso ganado (%)	114,500 ^a	151,000 ^b	12.265	0.005
Tasa específica de crecimiento (%/día)	2.57 ^a	2.72 ^a	0	1
Peso promedio individual (mg/día)	6.04 ^a	9.22 ^b	43.763	0.00005
Alimento consumido individual (mg/día)	11.42 ^a	17.41 ^b	42.42	0.00038
Tasa de conversión alimenticia	1.89 ^a	1.89 ^a	0	1



Figuras 18 y 19. Crecimiento obtenido en longitud y peso de *P. llamasii* bajo dos densidades

8.2.2.3 Alimentación y Eficiencia Alimentaria

Durante 90 días se comparó el efecto de diferentes tipos de alimento en el acocil, para lo cual se les suministró alimento balanceado para camarón, trucha, tilapia y tortuga, así como una dieta vegetal a base de zanahoria semi-cocida y una de origen animal utilizando hígado cocido de res, a fin de observar las preferencia alimentaria del acocil. La composición proximal de las dietas utilizadas se presenta en la tabla 13.

Los resultados del efecto de las dietas en el crecimiento y la eficiencia alimentaria se observan en la tabla 14, donde se aprecia una baja supervivencia con todas las dietas lo cual amerita un análisis en cuanto al tipo de sistema que evite fugas o canibalismo. Con base al Peso Final Promedio se encontró que el mejor alimento fue el de tilapia, aunque éste también registró la menor supervivencia, seguido por el de camarón y trucha y los resultados más bajos con el hígado y la zanahoria.

Los indicadores como el Peso Ganado (%), Peso Ganado Individual (mg/día), Tasa Especifica de Crecimiento (T.E.C.) (%/día) y la Tasa de Conversión Alimenticia (T.C.A.) indicaron una mejor crecimiento con dietas balanceadas que con los alimentos frescos. El mayor consumo de alimento (A.C.I.) se presentó con la zanahoria sin embargo dio lugar a la más alta tasa de conversión alimenticia. Los resultados de los análisis proximales de los ejemplares antes y después del experimento se presentan en la tabla 15 y las curvas del crecimiento en la Figura 20.

Tabla 13. Composición química proximal de las seis dietas utilizadas

Valores promedio (%)	Camarón	Trucha	Tilapia	Tortuga	Hígado	Zanahoria
Humedad	6.43	8.55	8.56	7.68	17.10	66.42
Proteína	38.01	43.22	31.8	33.61	64.23	8.72
Grasas	9.28	8.32	1.75	2.3	12.48	1.41
Fibra	3.32	3.99	4.89	4.58	0.94	8.84
Cenizas	11.35	9.91	6.1	6.78	4.48	8.82

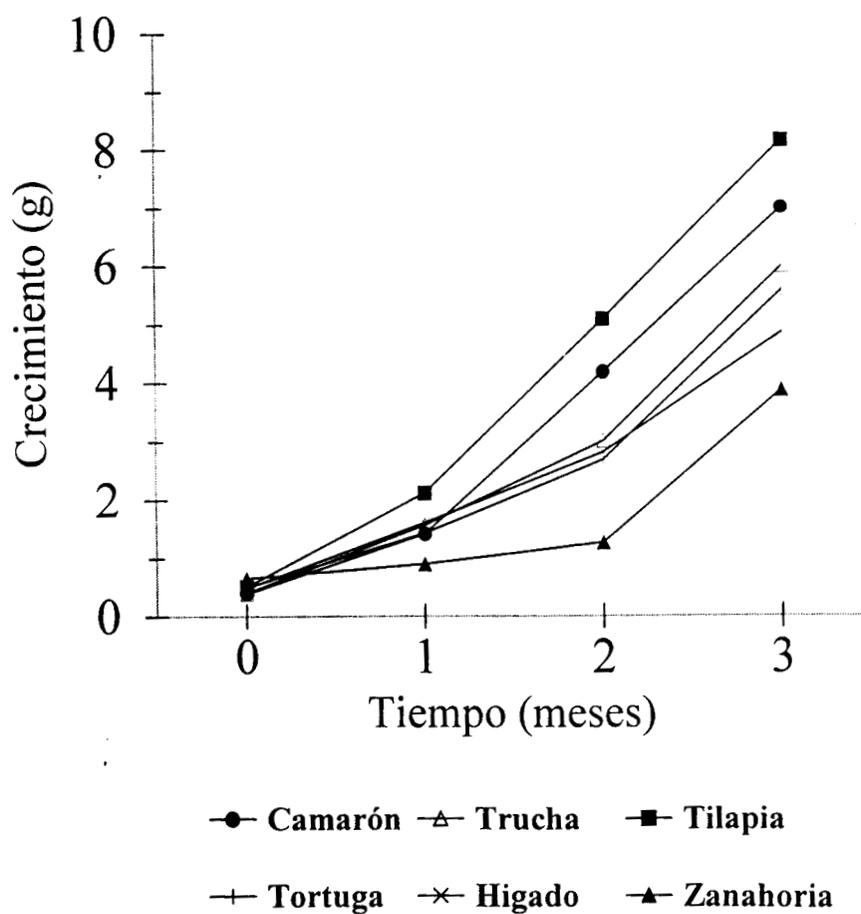
Tabla 14. Resultados de crecimiento y eficiencia alimentaria en *P. llamas* con seis dietas probadas

Parámetro	Camarón	Trucha	Tilapia	Tortuga	Hígado	Zanahoria	±E.E.
Supervivencia	33.3 ^b	50 ^b	26.6 ^{ab}	33.3 ^b	46.6 ^b	16.6 ^a	9.0267
Peso Inicial Promedio (mg)	383.3 ^a	386.6 ^a	403.3 ^a	409.1 ^a	406.6 ^a	404.6 ^a	57.089
Peso Final Promedio (mg)	6975.5 ^{ab}	5974.6 ^{ab}	8144.4 ^b	5555.5 ^{ab}	4836.1 ^a	4300.0 ^a	908.29
Peso Ganado (%)	1688.8 ^d	1454.1 ^{bcd}	1554.2 ^{cd}	1044.5 ^{abc}	926.3 ^{ab}	585.5 ^a	177.71
Peso Ganado Ind. (mg/día)	3.8 ^{cd}	2.6 ^{bc}	4.6 ^d	2.2 ^b	2.3 ^{bc}	0.7 ^a	0.4671
A. C. I. (mg/día)	4.5 ^{ab}	3.36 ^{ab}	5.07 ^{ab}	4.57 ^{ab}	2.64 ^a	6.6 ^b	1.0551
T. E. C. (%/día)	3.2 ^d	3.0 ^{cd}	3.1 ^{cd}	2.7 ^{bc}	2.6 ^b	2.1 ^a	0.1375
T. C. A.	1.2 ^a	1.3 ^a	1.1 ^a	2.1 ^a	1.2 ^a	8.9 ^b	0.4778

*Valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Tabla 15. Análisis químico proximal inicial y final de los acociles del experimento

Parámetro	Inicial	Camarón	Trucha	Tilapia	Tortuga	Hígado	Zanahoria	±E.S.
Humedad	77.90	72.11 ^a	77.01 ^b	73.59 ^a	76.75 ^b	76.37 ^b	76.42 ^b	0.58
Proteína	52.51	42.93 ^a	44.63 ^{ab}	46.88 ^{cd}	45.44 ^{bc}	47.77 ^d	45.77 ^{bc}	0.61
Grasa	5.20	7.76 ^c	4.52 ^{ab}	3.57 ^{ab}	2.78 ^a	4.46 ^{ab}	4.07 ^{ab}	0.58
Cenizas	20.09	18.45 ^{ab}	19.24 ^{ab}	18.01 ^a	19.64 ^{ab}	18.06 ^a	18.40 ^{ab}	0.60

Figura 20. Crecimiento de *P. llamasii* bajo las diferentes dietas probadas

8.2.2.4 Ciclo de Vida

A partir de los resultados generados que se obtuvieron de la reproducción y del crecimiento se esquematizó el ciclo de vida del acocil *Procambarus llamas* (Figura 22). El desarrollo del juvenil resulta rápido (su tiempo de incubación es de 30 días) y directo (no presenta fases larvarias durante la incubación del huevo). Su alimentación durante su etapa de cría y juvenil bajo condiciones de laboratorio constó únicamente de alimento balanceado y durante su etapa adulta se utilizó una mezcla con plantas carnosas (verdolaga). Su crecimiento es rápido alcanzando tallas de 80 a 100 mm de cinco a seis meses. Asimismo su reproducción bajo condiciones controladas se presentó durante todo el año. El tiempo de vida aproximada bajo condiciones de laboratorio es de dos años.

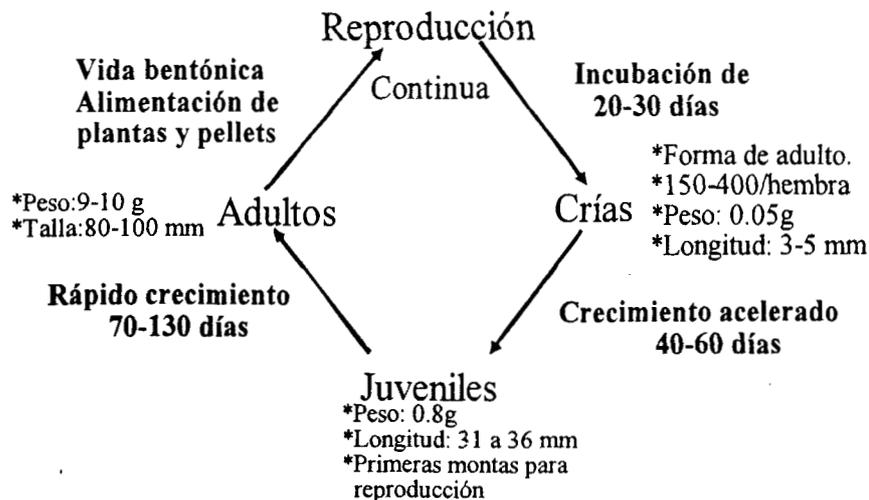


Figura 21. Ciclo de vida del *Procambarus (A.) llamas*

9. DISCUSIÓN

Taxonomía y Distribución

Villalobos (1955) determinó que la distribución de *Procambarus llamas* comprendía desde el sur de Veracruz hasta el este de Campeche, mientras que *Procambarus pilosimanus* se encontraba del oeste de Campeche al sur de Quintana Roo, sin que se hayan encontrado ejemplares de esta especie durante las colectas realizadas para este estudio. La distribución de este último se extendía hacia Chiapas, Guatemala y Belice. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la distribución de *Procambarus llamas* en la Península de Yucatán va del noroeste del estado de Campeche hasta el centro y sur del estado de Quintana Roo, obteniéndose los primeros registros de este organismo en zonas cercanas a la Ciudad de Chetumal y rumbo a Mahahual. En contraste, en la parte norte de la Península, no se registró su presencia fundamentalmente por la escasez de cuerpos de agua superficiales y el drástico cambio en el paisaje. Ante la ausencia de *P. pilosimanus*, se estima que *Procambarus llamas* es el organismo Tipo del sudeste de México, es decir, el acólito predominante de esta región.

Al contar con una sola especie en los tres Estados de la Península y al definir dos regiones geográficas diferentes una ubicada al norte y otra al sur, se encontró que ésta última presenta características similares en cuanto a vegetación, fauna y tipos de suelos en las diferentes zonas de colecta, además, no se encontraron indicios de un proceso de especiación o variedades para esta

especie. No obstante los estudios posteriores, deberán considerar los nuevos avances científicos dentro del campo de la taxonomía, ya que actualmente se cuenta con nuevas herramientas como la microscopia electrónica, la biosistemática genética y las pruebas de inmunología que permiten una mejor identificación y detectar diferencias entre especies o variedades. Un ejemplo de ello es el caso del género *Procambarus* del centro de Veracruz, el cual, gracias a la comparación vía *annulus ventralis* utilizando fotografías de barrido, permitió caracterizar y reclasificar las diferentes especies de las que registrada con anterioridad (Rojas-Paredes, 1998). Ante lo anterior es necesario ampliar los estudios de taxonomía y mantener una continuidad de los registros e identificación de los cambáridos con especial énfasis en los acociles del subgénero *Austrocambarus* del sudeste de México con el objeto de determinar si existe alguna otra especie en la región.

Los mecanismos de la distribución del *P. llamasi* son aún desconocidos. Una hipótesis que podría explicar esto, se sustenta en la ubicación geográfica de la Sierra de Ticúl, la zona más alta de la Península (Figura 22), la cual actúa a manera de una barrera geográfica que impide la penetración de esta especie hacia el norte de la Península ya que es un “parte aguas”, es decir, cuando llega la época de lluvias se generan escurrimientos que forman corrientes y arroyos que propician zonas de inundación que a la vez se generan arrastres de materia orgánica, plantas y animales, hacia el sur - suroeste de la Península, lo cual implica que la presencia de la Sierra permite una distribución homogénea hacia la parte sur de la Península de todo este tipo de material biológico.

La acción hidrodinámica generada por las lluvias ayuda a entender de cierta manera el problema de la distribución de los acociles. Asimismo, es en el centro y la parte sur de la Península donde se localiza la mayor variedad y riqueza biológica en el medio acuático, un ejemplo de ello es la mayor diversidad de plantas y peces así como de una mayor capa de suelo con abundante materia orgánica y la presencia de cuerpos de agua superficiales durante todo el año. Estas características propician la colonización y adaptación del acocil en esta parte de la Península.

Es también, que en ésta región geográfica donde se encuentran las lagunas de Silvituj y Chichancanab que podrían ser consideradas como sitios de repoblación natural, las cuales presentan características apropiadas para este fin. Lo anterior no se observó en la parte norte de la Península donde el medio es más restringido en cuanto a variedad de plantas y peces, asimismo se encuentra la característica de que es una zona cárstica donde el suelo es altamente permeable y se localizan pocos cuerpos de agua superficiales.

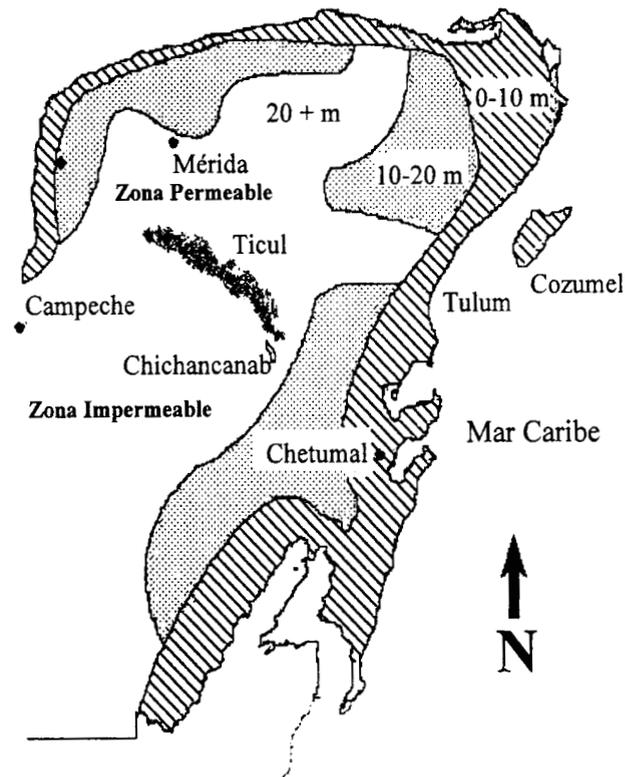


Figura 22. Mapa esquemático de altitudes de la Península de Yucatán (Modificado del INEGI, 1993).

Las características antes señaladas indican que el acocil *P. llamasi* es una especie adaptada a las condiciones de la Península y al igual que otras especies afines es capaz de recorrer varios kilómetros, en un ambiente subhúmedo, respirando oxígeno ambiental simplemente exponiendo sus branquias a la humedad del ambiente hasta encontrar un sitio con agua para poder sobrevivir (Holdich and Lowery, 1988). Asimismo puede tolerar altas temperaturas del agua, ya que se capturaron algunos animales en sitios donde el agua contaba con menos de 20 cm de profundidad y está se encontró a 30° C, asimismo en condiciones de confinamiento, el agua de las tinas de fibra de vidrio llegó a registrar temperatura por arriba de los 30° C y los acociles no mostraron indicios o síntomas de letargo o estrés.

En el trabajo realizado en el campo se observó que la acción más utilizada por este organismo es la de deslizarse entre los huecos generados por el substrato rocoso aunque no hacen propiamente cuevas, con ello tratan de encontrar un refugio o un lugar húmedo para entrar en un estado de vida latente hasta que las condiciones ambientales les sean favorables. Algunos cuerpos de agua registrados presentaron abundante materia orgánica, característica que durante la temporada de secas ayudan al sistema a mantener la humedad bajo el suelo seco y erosionado.

Debido a las condiciones cambiantes que se generan a lo largo del año en el que se alterna un período de sequía y otro de lluvias muy marcado, la reproducción de los cambáridos se caracteriza por su eficacia y alta viabilidad en el desove (Gutiérrez-Yurrita, 1997), asimismo representa una seguridad para el desove el hecho que las hembras tenga la capacidad de guardar el espermátforo en el *annulus ventralis* sin que pierda su viabilidad, lo cual se ha visto en hembras de *P. llamas* bajo confinamiento. Sin embargo, no se ha colectado del medio alguna hembra cargada, lo cual impide hacer algún señalamiento justo en este punto, aunque esto es reconocido como una acción que asegura la fecundidad de los huevos, aún sin la presencia posterior de machos.

En las investigaciones realizadas por Montes (1993) y Gutiérrez-Yurrita (1997) se logró caracterizar la gestión ecológica del *Procambarus clarkii*, en las marismas del parque Nacional Doñana en España, y se determinó que la dinámica poblacional esta estrechamente asociada a la estacionalidad del medio. En la Península de Yucatán como se indicó anteriormente se presentan

dos marcadas estaciones climáticas: secas y lluvias, las cuales determinan las diferentes etapas del ciclo de vida del *P. llamas*.

Sin embargo, aún se requieren de mayores estudios en el campo sobre su dinámica poblacional estacional, con lo que sería posible reconocer los diferentes tiempos y modos de reclutamiento y crecimiento de los juveniles. Ante esto se estima conveniente incrementar los estudios en las lagunas de Silvituj y Chinchancanab, consideradas en este estudio como los lugares naturales de reproducción de este organismo.

Biología y acuicultura

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio *Procambarus llamas* presentó un ciclo de vida corto y directo; una elevada adaptabilidad al confinamiento; rápido crecimiento: alta viabilidad de las larvas y una amplia aceptación al alimento balanceado bajo condiciones controladas de cultivo. Estos resultados se asemejan a lo reportado para *P. llamas* por Valenzuela (1986) y Morales *et al.* (1987).

También se encontraron tiempos similares de crecimiento y relación peso-longitud, sin embargo, en cuanto a la talla mínima de reproducción, el estudio de Morales *et al.* (1987) señala una longitud mínima de 60 mm. En contraste, los resultados en este estudio mostraron que la longitud mínima a la cual empiezan a reproducirse es de 40 mm. Esto podría representar una

ventaja en cuanto a tiempo de reproducción, sin embargo, se notó un crecimiento más lento en las hembras en comparación con los machos, dado que las primeras ocupan mayor energía para el desove.

Un aspecto diferente en cuanto a lo marcado por la literatura, es que las hembras no dejaron de alimentarse durante la fase de incubación de los huevos, según lo reportado por Romaine y Lutz (1989) en *Procambarus clarkii*. Esta característica es importante, además brinda una importante ventaja ya que se disminuye marcadamente el canibalismo que se produce cuando las crías se independizan.

Los resultados de este estudio indican que *Procambarus llamasii* puede reproducirse tres veces durante el año bajo condiciones de cautiverio, presentándose la mayor incidencia durante el período de noviembre a julio, cuando hay un incremento en la temperatura del agua. En comparación, *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* desovan sólo dos veces por año con limitaciones serias en cuanto a la temperatura del agua (Huner, 1981; Yeh and Rouse, 1994).

Se observó que la mayor viabilidad de huevos embrionados se presenta en hembras con una mayor longitud total lo cual está estrechamente relacionado con el estado de madurez y a su tamaño. Sin embargo, la cantidad de huevos en relación a la longitud total de la hembra presentó una variabilidad estadística, lo que indica que el incremento en longitud no asegura necesariamente un mayor número de huevos por hembra, lo cual ya se ha observado en otros

Astácidos (King, 1993). En esta fase intervienen otros factores tales como el estado fisiológico y nutricional del organismo (Rhodes and Holdich, 1982).

Durante el desarrollo de los huevos se observaron siete estadios los cuales son claramente identificables por su coloración. El tiempo de eclosión de *P. llamasii* se considera corto (27-30 días) comparado contra el de *Austropotamobius pallipes* (más de siete meses) y muy semejante al *Procambarus clarkii* (Huner, 1981). El número de huevos por hembra resultó adecuado para mantener una producción acuícola aceptable, dado que se producen alrededor de 900 huevecillos/hembra/año (± 300 huevecillos/hembra/puesta), cantidad similar a los que se obtienen con *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* (Holdich and Lowery, 1988; King, 1993).

La mayor talla alcanzada por el macho sugiere ventajas para cultivos monosexo, sin embargo, se observó una cierta agresividad ya que varios machos perdieron las quelas al estar confinados bajo este tipo de condición. El tiempo en que se alcanzan la talla y el peso comercial según la Crawfish Farmer Association (1994) es comparable al reportado para *Procambarus clarkii* (Huner, 1981; Avault and Huner, 1985; Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1998) con la ventaja de que para *P. llamasii* se presenta una relación cefalotórax : abdomen de 1:1 mientras que para *P. clarkii* es de 2:1. También es apreciable un ahorro de energía en cuanto a la formación de la quela, dado que *P. clarkii* presenta el doble de longitud y peso. Asimismo la relación obtenida entre el peso y la longitud total indicó un crecimiento isométrico, resultado similar a lo reportado por Valenzuela (1986) para *P. llamasii*.

El crecimiento observado bajo diferentes densidades demuestra que esta especie puede mantener una elevada biomasa por unidad de área. Sin embargo, la supervivencia y la eficiencia alimenticia fueron mejor bajo una densidad de 50 org/m². Aunque la tasa específica de crecimiento y la tasa de conversión alimentaria no presentaron diferencias entre los tratamientos (50 y 100 org/m²), se registró una mayor ganancia individual en peso, alimento consumido y peso ganado en porcentaje en la densidad de 50 org/m².

Esto se atribuye al estrés provocado por la competencia generada por la alta densidad, dado que se observó agresividad y canibalismo con la densidad de 100 org/m², esto no se presenta en otros cultivos como en *Procambarus clarkii* (Holdich and Lowery, 1988; Huner *et al.*, 1988; Avault, 1996) y *Cherax quadricarinatus* (Jones, 1994) aunque cabe aclarar que la mayor parte de estos cultivos se realizan de manera extensiva.

Respecto a las preferencias alimentarias, el acocil presentó una fácil aceptación a los alimentos balanceados disponibles en el mercado nacional. En el estudio que se llevó a cabo se presentó un mejor y más rápido crecimiento con dietas artificiales que con dietas frescas preparadas. Esto concuerda con el estudio de Verhoef *et al.* (1998), el cual concluye que el manejo de dietas artificiales es viable en el género *Cherax* para obtener un crecimiento óptimo en juveniles en comparación con las dietas naturales.

Además debe mencionarse que es importante la utilización de dietas artificiales durante la producción debido a su fácil accesibilidad y bajo costo. Hasta hace algunos años, el uso de dietas comerciales estaba restringido dentro de las granjas de cultivo de esta especie, dado que se suponía que los cambáridos no necesitaban este alimento para tener un desarrollo aceptable, ya que con el detritus y zooplancton que se producía en el estanque era más que suficiente para mantener al organismo que se encontraba en estanques rústicos y a una baja densidad (Huner and Meyers, 1979; Goddard, 1988), por lo que la compra de alimentos comerciales elevaba los costos de producción del productor. Sin embargo, hoy en día es claro que para poder obtener un desarrollo eficiente y en corto tiempo, es necesario la utilización de alimentos que cubran los requerimientos nutricionales de los organismos sometidos a condiciones de cultivo.

Ante lo anterior debe mencionarse que los alimentos balanceados cubren sus requerimientos, principalmente lo que se refiere a la proteína que necesita el organismo en cultivo. Un acocil joven llega a tener altos requerimiento de proteína para que su desarrollo sea el óptimo y el alimento artificial satisface este punto (Verhoef *et al.*, 1998). Pero, cuando el acocil es adulto, sus requerimientos en cuanto a proteína disminuyen, por lo cual sus preferencias cambian a alimentos ricos en lípidos para tener una mayor reserva de energía durante el desove (Gutiérrez-Yurrita, 1997) o bien a alimentos de origen vegetal (Reynolds, 1979). Con ello es importante que el objetivo a desarrollar es el de complementar la dieta artificial mediante la utilización de plantas o alimentos vegetales durante las fases adultas.

En suma, los resultados obtenidos en la presente investigación indican que *Procambarus llamas* tiene un importante potencial para introducirse en actividades de acuicultura, dado que su fecundidad, su desarrollo embrionario, crecimiento bajo una densidad de 50 org/m² y la aceptación de alimentos balanceados es similar a otros organismos ya explotados comercialmente como *Procambarus clarkii* o *Cherax quadricarinatus* (Tabla 16).

Morales y Bozada (1987), ya comentaban la posibilidad de introducir el acocil peninsular a las actividades acuícolas dadas sus características biológicas. Además *P. llamas* es una de las especies que alcanzan una mayor longitud total, en contraste con otras especies del Centro y Norte del país.

La importancia de conocer los aspectos biológicos de *P. llamas*, radica en que aparenta ser un recurso subaprovechado por las comunidades, su importancia ecológica es la de alimentar a varios grupos de aves, como garzas, y reciclar la materia orgánica, sin embargo, en las diferentes regiones donde se realizaron colectas se recabo información proveniente de los lugareños, la cual dio como resultado, que este acocil sólo es consumido en la época de lluvias y/o “nortes”, es decir, cuando salen por acción de las corrientes y su captura se facilita, aunque en la mayoría de los casos en las localidades cercanas a las zonas de colecta se le desconoce.

Tabla 16. Comparación entre especies de cultivo (tomada y modificada de Rodríguez-Canto, 1998)

Características	<i>Procambarus clarkii</i>	<i>Cherax quadricarinatus</i>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	<i>Procambarus llamasii</i>
Número de estadios larvales	4 fijos a la hembra	2 fijos a la hembra	11 de vida libre y con cambios metamórficos	Ninguno observado
Número de huevos/hembra	100 a 700	150 a 600	80, 000	300 a 700
Intervalo entre desoves (meses)	2 a 5	1 a 2	3 a 4	1 a 3
Edad de maduración sexual (meses)	3 a 9	6	4 a 7	4 a 5
Hábitos sociales	Agresivos	Territoriales y canibalismo presente	Agresivos y territoriales	Sociales
% de sobrevivencia en cultivo	47 a 88	50 a 94	40 a 60	50 a 80
Requerimientos para el cultivo (Temperatura en °C)	Dulceacuícola 14 a 23	Dulceacuícola 23 a 29	Dulce y salobre 14 a 23	Dulceacuícola 23 a 30
Cosechas por año	1	0.5 a 2	1	2 a 2.5
Talla promedio en adultos (cm)	12	20	24	10

La gente además lo confunde con los langostinos (*Macrobrachium* sp.), lo cual podría ser una vía para que el acocil pudiera ser conocido y aceptado para su consumo por parte de la comunidad y así poder dar inicio a la acuicultura de este recurso en las zonas rurales. Aunado a lo anterior, los costos de producción se presumen bajos ya que por lo general se lleva a cabo de manera extensiva, aunque se podrían desarrollar modelos de cultivo semi-intensivos.

Debe señalarse que hacen falta estudios en cuanto a aspectos fisiológicos y nutricionales para sus diferentes etapas dentro de sus ciclo de vida, ya que el experimento de preferencias alimentaria, solo indicó los tipos de alimentos que pueden ser utilizados, sin embargo, aún se desconoce el nivel óptimo de proteína, lípidos y aminoácidos esenciales, así como las mezclas de alimentos recomendadas para el ciclo completo del animal.

Finalmente, falta realizar un estudio a escala piloto-comercial para demostrar su viabilidad económica o financiera en la región.

10. CONCLUSIONES

- El Cambárido predominante en la Península de Yucatán es *Procambarus llamasi*, lo cual permite determinarlo como un organismo Tipo para la región.
 - Su distribución en general, se ubica en la parte Centro y Sur de la Península de Yucatán. En la parte Norte de la Península no se colectaron ejemplares y es posible su ausencia en esta zona.
 - Su colecta se caracterizó por ser de carácter estacional, dado que se restringe sólo a la época de lluvias.
 - Su hábitat corresponde a humedales y zonas de inundación donde el nivel del agua en algunos lugares no sobrepasa los 0.30 m de profundidad, estos sitios se caracterizan por presentar abundante materia orgánica y por lo general los fondos son rocosos.
 - Este recurso se considera subaprovechado tanto como alimento rico en proteína como comercialmente, dado que es consumido de manera ocasional y fortuita y en algunas regiones se le desconoce por completo. Además que no existe un mercado local para esta especie.
-

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio *P. llamas* presenta las siguientes características que lo hacen una especie potencial para ser introducido en la actividad acuícola en la Península de Yucatán,

- Una amplia tolerancia a elevadas temperaturas y resistencia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.
 - Reproducción constante todo el año (con tres reproducciones al año).
 - La talla mínima de reproducción es de 40 mm
 - La hembras no presenta canibalismo bajo condiciones de cautiverio.
 - Elevada viabilidad de los huevos embrionados.
 - Rápido crecimiento, por lo que alcanza tallas comerciales en poco tiempo (aproximadamente seis meses).
 - A pesar de mostrar un comportamiento agresivo, es posible manejar en forma adecuada 50 organismos /m² sin afectar el crecimiento.
 - Acepta alimento comercial balanceado sin ninguna dificultad.
 - Tiene un ciclo de vida corto y directo.
 - No hay necesidad de recambios constantes de agua en los sistemas de cultivo.
 - No se presentaron enfermedades de tipo parasitarias, bacteriales o virales.
-

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alderman, D.J. and J.L. Polglase, 1988. Pathogens, parasites and commensals. In: Holdich D.M. and R.S. Lowery (Eds.), *Freshwater crayfish, biology, management and exploitation*. Croom Helm Press, London, 167-212 pp.
- A.O.A.C., 1984. *Official Methods of Analysis of the association of Official Analytical Chemists*, 14th edition. A.O.A.C., Arlington VA, 1141 pp.
- Arreguín, F., 1992. *Notas del Curso: Dinámica poblacional y evaluación de los recursos pesqueros*. U.A.M.-I., México D.F.
- Avault, J.W. Jr., 1983. Crayfish species plan for the United States: Aquaculture. *Freshwater Crayfish*, 5: 528-533
- Avault, J.W. Jr., 1992. A review of world crustacean aquaculture: part two. *Aquaculture Magazine*, July/August, 18(4): 83-92
- Avault, J.W. Jr., 1996. *Fundamentals of aquaculture*. AVA Publishing Comapany Inc. Baton Rouge, Louisiana, USA, 889 pp
- Avault, J.W. Jr. and J.V. Huner, 1985. Crawfish culture in the United States. In: Huner J.V. and E.E. Brown (Eds.), *Crustacean and mollusk aquaculture in the United States*. AVI. Publ. Co. Westpent, Connecticut, 1-61 pp.
- Bailey, N.T.J., 1981, *Statistical methods in Biology*. Edward Arnold, London. 216 pp.
- Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O. Mclarney, 1986. *Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marino y de agua dulce*. AGT Editores, México, D.F., 741 pp.
- Brower, J.E. and J.H. Zar, 1981. *Field and laboratory methods for general ecology*. Second Edition, WCB Publishers, Dubuque Iowa, 226 pp.
- Campos, E. and G.A. Rodríguez, 1992. Distribution of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) in México: An update. *Journal of Crustacean Biology*, 12(4): 627-630.
- Cantú A., R. Díaz-Barriga, F. Eccardi-Ambrosi, E. Lira-Fernández, J. Ramírez-Ruiz, M. Serrato-Tejada y A. Zavala-Gonzalez, 1991. *México diverso, un encuentro con su naturaleza*. ISSSTE, México, D.F., 254 pp.
-

- Cornejo, A.R., 1992. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Decapoda:Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 130 pp.
- Crawfish Farmer Association, 1994. Crayfish News, IAA Newsletter, 17(2): 8
- Goddard, J.S., 1988. Food and feeding. In: Holdich D.M. and R.S. Lowery (Eds.), Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press, London, 145-166 pp.
- Gutiérrez-Yurrita, P.J., 1997. El papel ecológico del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), en los ecosistemas acuáticos del parque nacional Doñana. Una perspectiva ecofisiológica y bioenergética. Tesis de Doctorado, Universidad de Madrid, España, 348 pp
- Gutiérrez-Yurrita, P. J., 1999. Consecuencias de la introducción de especies. Boletín informativo de la Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Querétaro, Num. 25, 1-6 pp
- Gutiérrez-Yurrita, P.J., S. Gorka, M.A. Bravo, A. Baltanás and C. Montes, 1998. Diet of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in natural ecosystems of the Doñana National Park freshwater marsh (Spain). Journal of Crustacean Biology, 8(1): 120-127
- Hasiotis, S.T., 1992. Ichnology of Triassic and Holocene cambarid crayfish of North America: an overview of burrowing behaviour and morphology as reflected by their burrow morphologies in the geological record. Freshwater Crayfish, 9: 407-418
- Hartnoll, R.G., 1978. The determination of relative growth in crustacea. Crustaceana, 34(3): 281-293
- Hobbs, H.H. Jr., 1972. Crayfish (Astacidae) of North and Middle America. Biota of Freshwater Ecosystems. Identification Manual No. 9, Water Pollution Control Research Series, 18050 ELDO5/72
- Hobbs, H.H. Jr., 1981. The crayfish of Georgia. Smithsonian Contributions to Zoology, 318: 1:549
- Hobbs, H.H. Jr., 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda:Cambaridae). Journal of Crustacean Biology, 4(1): 12-24
- Hobbs, H.H. Jr., 1988. Crayfish distribution, adaptative radiation and evolution. In: Holdich D.M. and R.S. Lowery (Eds.), Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press, London, 52-82 pp.
-

- Hobbs, H.H. Jr., 1989. An illustrated checklist of the American crayfish (Decapoda: Astacoidae: Cambaridae: Parastacidae) Smithsonian Contributions to Zoology, 480: 1-236
- Hobbs, H.H. Jr., 1991. Decapoda. In: Throp H. and A.P. Covich (Eds.), Ecology and classification of north american freshwater invertebrates. Academic Press Inc., 823-874 pp.
- Hobbs, H.H. Jr., 1994. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Cambaridae). Journal of Crustacean Biology, 4(1): 12-24.
- Hobbs, H.H. Jr. y A. Villalobos-Figueroa, 1964. Los camarinos de Cuba. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 34(1-2): 307-366
- Holdich, D.M. y R.S. Lowery (Eds.), 1988. Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press, London, 498 pp.
- Horwitz, P.H.J. and A.M.M. Richardson, 1986. An ecological classification of the burrows of Australian freshwater crayfish. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 37: 237:242
- Howard, D.W. y C.S. Smith, 1983. Histological Techniques for Marine Bivalve Molluscs. NOAA, Techniques Memorandum NMFSF/NEC-25, Woods Hole Massachusetts, USA, 97 pp
- Huner, J.V., 1981. Information about the biology and culture of the red crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) for fisheries managers in Latin America. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 8(1): 43-50
- Huner, J.V., 1988. *Procambarus* in north america and elsewhere. In: Holdich D.M. y R.S. Lowery (Eds.), Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press, London, 239-261 pp.
- Huner, J.V., 1991. Aquaculture of freshwater crayfish. In: Nash C.E. (Ed.), Production of aquatic animals. Crustaceans, molluscs, amphibians and reptiles. World Animal Science, Chap. 4, Elsevier Science Publishers, 45-66 pp.
- Huner, J.V., 1992. Culturing ornamental cyprinid fish in crawfish culture system. Aquaculture Magazine, September/October, 18(5): 30-39
- Huner, J.V. and S.P. Meyers, 1979. Dietary protein requirements of the red crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard) (Decapoda: Cambaridae), growth in a closed system. Proceeding World Mariculture Society, 10: 751-760
-

- Huner, J.V. and J.E. Barr, 1984. Red swamp crayfish: biology and exploitation. Baton Rouge, Louisiana USA, Louisiana Sea Grant College Program, Center for Wetland Resources, Louisiana State University, 136 pp.
- Huner, J.V., O.V. Lindqvist and H. Kononen, 1988. Comparison of morphology and edible tissues of two important commercial crayfish, the noble crayfish, *Astacus astacus* Linné, and the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard) (Decapoda, Astacidae and Cambaridae). *Aquaculture*, 68: 45-57
- Jones, C.M., 1994. Stock comparison, heritability studies. In: C.M. Jones and M.C. Curtis (Editors), Proceedings of the redclaw farming. Workshops, February 12 to 17, 1994 Walkamin, Rockhampton, Nambour, Australia: 20-23 pp
- King, C., 1993. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. *Aquaculture*, 114: 237-341.
- Lodge, D.M., 1991. Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany*, 41: 195-224
- Lodge, D.M. and J.G. Lorman, 1987. Reductions in submersed Macrophyte biomass and species richness by the crayfish *Orconectes rusticus*. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science*, 44: 591-597
- Lowery, R.S., 1988. Growth, moulting and reproduction. In: Holdich D.M. and R.S. Lowery (Eds.), *Freshwater crayfish, biology, management and exploitation*. Croom Helm Press, London, 83-113 pp.
- Maldonado, R.J.G., 1990. Respuesta al estrés termico del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crustacea:Astacidae). Comparación de Métodos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 75 pp.
- Mendoza, M., 1994. Hábitos reproductivos del acocil *Procambarus (Austrocambarus) llamasi* (Crustacea:Astacidae) en condiciones de laboratorio. *Universidad y Ciencia*, 11: 149-157
- McHarney, W., 1984. *The freshwater aquaculture book*. Hartley & Marks Press, 583 pp.
- Momot, W.T., H. Gowing and P.D. Jones, 1978. The role of crayfish and their role in ecosystems. *American Midlife Naturalist*, 99: 10-35
- Momot, W. T. 1984. Crayfish production: A reflection of community energetics. *Journal of Crustacean Biology*, 4(1): 35-54
-

- Montes, O.C. (Ed.), 1993. Bases ecológicas para la gestión integral del cangrejo rojo de la marisma (*Procambarus clarkii*) en el parque nacional de doñana, España. Tomo Ia, Departamento Interuniversitario de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid, 132 pp.
- Morales, M. y L. Bozada, 1987. Algunos aspectos de la biología del acocil o camarón reculeador *Procambarus (Austrocambarus) llamasi* y consideraciones sobre su cultivo en el trópico húmedo mexicano. En: Bozada, L. (Ed.) Otros recursos alimenticios. Centro de Ecodesarrollo, Universidad de Veracruz, 201-211 pp.
- Morales, M., L. Bozada y A. Casanova, 1987. Prospección poblacional, distribución geográfica y aspectos ecológicos del acocil *Procambarus (Austrocambarus) llamasi* del sudeste de Veracruz. En: Bozada, L. (Ed.) Otros recursos alimenticios. Centro de Ecodesarrollo, Universidad de Veracruz, 169-199 pp.
- Morrison, D.F., 1981. Multivariate statistical methods. Second Edition, McGraw-Hill Press, 415 pp.
- Olvera, N.M.A., G.S. Campos, G.M. Sabido and P.C.A. Martínez, 1990. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 90: 291-302
- Pennak, R.W., 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2a Ed. John Wiley and Sons, Nueva York, 803 pp.
- Ponce, J.T., J.L. Arredondo y X. Romero, 1999. Análisis del cultivo comercial de la langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) y su posible impacto en America Latina. *Contactos*, 31: 51-61
- Reynolds, J.D., 1979. Ecology of *Autropotamobius pallipes* in Ireland. *Freshwater Crayfish* 4: 215-219 pp
- Rojas-Paredes, Y.R., 1998. Revisión taxonómica de ocho especies del género *Procambarus* (CRUSTACEA: DECAPODA: CAMBARIDAE) del centro de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 158 pp
- Rodríguez-Canto, A., 1998. Crecimiento y campo de crecimiento de la langosta de quelas rojas *Cherax quadricarinatus* (Crustacea: Parastacidae) en condiciones de laboratorio. Tesis de Maestría en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México D.F., 69 pp
- Rodríguez, G.A. and E. Campos, 1994. Distribution and status of the crayfishes (Cambaridae) of Nuevo León, México. *Journal of Crustacean Biology*, 14(4): 729-735.
-

- Rodríguez, G.A., M.A. Coronado y E. Campos, 1993. Distribución y notas ecológicas de los acociles (Cambaridae: *Procambarus*) del Estado de Tamaulipas, México. The Southwestern Naturalist, 38(4): 390-393.
- Rodríguez, S.M., 1991. Influencia de la dieta en la eficiencia de asimilación: Pérdidas de energía por respiración y productos nitrogenados en el balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae). Tesina de Licenciatura, U.A. M.-X, 43 pp.
- Rhodes, C.P. and D.M. Holdich, 1982. Observations on the fecundity of the freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in the British Isles. Hydrobiologia, 89: 231-236
- Romaire, R.P. y G. Lutz, 1989. Population dynamics of *Procambarus clarkii* (Girard) and *Procambarus acutus acutus* (Girard) (Decapoda: Cambaridae) in commercial ponds, Aquaculture, 81: 253-274
- Shepard, F.P., 1973. Submarine geology. 3ed. Harper Row Ed., N.Y., 517 pp
- Sokal, R. y F.J. Rohlf, 1969. Biometría. H. Blume Ediciones, Madrid, España, 832pp.
- Sureshkumar, S. and B. Madhusoodana, 1998. Fecundity indices of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Journal Aquaculture in the Tropics 13(3): 181-188
- Toledo, V.M., 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo, XIV(81): 17-30
- Verhoef, G.D., P.P. Jones and C.M. Austin, 1998. A comparison of natural and artificial diets for juveniles of australian freshwater crayfish *Cherax destructor*. Journal of the World Aquaculture Society, 29(2): 243-248
- Valenzuela, Q.M., 1986. Aspectos ecológicos de *Procambarus (A.) llamasii* (Villalobos, 1954) en el Estado de Tabasco (Decapoda: Cambaridae). Tesis de Licenciatura. Universidad de Veracruz, 44 pp
- Villalobos-Figueroa, A., 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 290 pp.
- Villalobos-Figueroa, A., 1983. Crayfish of Mexico (Crustacea: Decapoda) Smithsonian Institution Libraries and the National Science Fundation. American Publishing, New Delhi. 276 pp.
- Villalobos-Hiriart, J.L., A. Cantú, R. Díaz-Barriga y E. Lira-Fernández, 1993. Los crustáceos de agua dulce de México. Vol. Esp. (XLIV) Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 267-290 pp.
-

Yeh, H.S. and D.B. Rouse, 1994. Indoor spawning and egg development of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25(2): 297-302

Zar, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall INC. New Jersey, 718 pp.
