

T
924

 **NACIONAL SERVICIOS DE INFORMACION
ARCHIVO HISTORICO**

77639

77639



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PAUTAS DE COMPORTAMIENTO DE EXCAVACIÓN DEL
ACOCIL *Procambarus acanthophorus* (Villalobos, 1948),
BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

TESIS

(IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS)
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

BIÓL. NANCY CAROLINA TORRES CORONA

COMITÉ TUTORAL:

DIRECTOR: DR. JOSÉ A. VICCON PALE

ASESORA: DRA. MARTHA SIGNORET POILLON

ASESOR: DR. RICARDO MONDRAGÓN CEBALLOS

MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE DE 2007

DEDICATORIAS

A JHVH Dios por brindarme la vida para cumplir esta meta.

A mis padres Marcela y Heron, quienes me brindan su apoyo, comprensión, paciencia y motivación en los momentos difíciles, muchas gracias.

A mis hermanos Marcelo, Esperanza, Mauricio y Ricardo por el apoyo y la confianza mostrada en cualquier circunstancia.

A mi abuelita Martina y a mi Tío Juan Manuel por el cariño y comprensión que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José A. Viccon Pale, quien me impulsó y compartió conmigo algunos de sus conocimientos, además de la dirección para este trabajo; por todo el apoyo brindado y su amistad.

A la Dra. Martha Signoret Poillon, quien con sus consejos, comentarios y paciencia, me brindó orientación para llevar a buen termino este trabajo.

Al Dr. Ricardo Mondragón Ceballos, quien con sus comentarios enriqueció este trabajo.

A la M. en C. Lilian Mayagoitia Novales, y a la Dra. María de Lourdes Spilsbury integrantes del Comité de evaluación por sus sugerencias y comentarios.

Al Dr. Luis Arturo García, Coordinador de la Maestría en Ciencias Agropecuarias por el apoyo brindado, y a los integrantes de la Comisión en Ciencias Agropecuarias.

A los Drs. Héctor Castillo Juárez, Fernando de León González, Germán David Mendoza Martínez y Salvador Vega y León, quienes con sus comentarios y experiencias contribuyeron a mi formación profesional.

A la Dra. Zuleyma Tang Martínez por sus valiosos consejos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por los apoyos recibidos que facilitaron la culminación de este trabajo.

A mis compañeros Aída, Amalia, Camilo, Carlos, David y Oscar, con quienes compartí esta experiencia, por su amistad y apoyo, esperando continuar cultivando esta amistad.

Al Ing. Rodolfo Rosales González, Jefe de la sección de telefonía y videoconferencias, y el Sr. Gaudencio Martínez, por su apoyo otorgado, a través de sus equipos, permitiéndome realizar copias del material filmado.

A la familia Yépez Reyes, por su ayuda en la captura de los animales, así como en el transporte a los sitios de recolecta.

Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo para realizar este trabajo.

ÍNDICE

Resumen	
Abstract	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	
Los reculillas	2
Las madrigueras de los acociles excavadores	2
El comportamiento de los acociles durante la excavación	5
La importancia agropecuaria y acuícola de los acociles excavadores	6
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	8
IV. METODOLOGÍA	9
V. RESULTADOS	
El comportamiento de excavación	13
Las frecuencias y duración de las pautas de excavación	16
Las secuencias del comportamiento de excavación	19
La conducta del aseo	24
Las madrigueras	25
VI. DISCUSIÓN	
El comportamiento de excavación	28
Las frecuencias y duración de las pautas de excavación	30
Las secuencias del comportamiento de excavación	30
La conducta del aseo	31
Las madrigueras	31
Sugerencias para el aprovechamiento del reculilla	33
VII. CONCLUSIONES	35
VIII. LITERATURA CITADA	36
IX. ANEXOS	43

LAS COSAS QUE VALEN LA PENA
HACER, FUERON CONSIDERADAS IMPOSIBLES
ANTES DE QUE SE REALIZARAN

LOUIS BRANDEIS

RESUMEN

Los patrones del comportamiento de excavación del acocil *Procambarus acanthophorus* (Villalobos, 1948), fueron observados en laboratorio utilizando tres acuarios de 100 X 50 X 9 cm y tres de 40 X 30 X 8 cm, por un periodo comprendido de marzo 2003 a junio 2006. Con lo que respecta al patrón de construcción de las madrigueras y la relación entre hembras y machos se analizaron los siguientes aspectos. 1) identificar y describir las pautas del comportamiento de excavación en la construcción de la madriguera, observándose durante este proceso dos fases. La primera fase es la madriguera somera, donde se identificaron siete pautas y la segunda, madriguera profunda, donde se presentaron seis, dando un total de trece pautas. 2) Las pautas que desplegaron en el comportamiento de excavación entre sexos, mostraron que ambos individuos efectúan las trece pautas de excavación, con la diferencia que en las hembras se registran con mayor frecuencia en comparación con los machos. 3) La función que desempeñaron las quelas, los pereiópodos, los maxilípedos, el telson y los pleópodos en el proceso de construcción de la madriguera; encontrándose que el desempeño fue distinto para las quelas: cucharear, reunir, empujar, desplazar, socavar, desprender, excavar, transportar y acomodar el sedimento. Para los pereiópodos reunir, socavar, desprender, excavar y transportar; mientras que los maxilípedos, los pleópodos y el telson fueron usados para levantar sedimento con la corriente que ocasionaron. 4) Las secuencias que mostraron en el proceso de excavación de la madriguera; notando que en los patrones de excavación en la fase madriguera somera, se registraron cinco secuencias; cabe señalar que de estas únicamente los machos registraron dos de las cinco. Con respecto a la madriguera profunda se reportan tres secuencias que ambos sexos efectuaron. 5) Las formas de las madrigueras; presentándose formas simples que tienen contacto con el manto freático, algunas de sus formas son "J" o "C". Además las madrigueras se encontraron ocupadas por ambos individuos o bien por uno solo.

Palabras clave: acocil, comportamiento de excavación, madrigueras.

ABSTRACT

Patterns of behavior of burrowing by crayfish, *Procambarus acanthophorus* (Villalobos, 1948), were observed in the laboratory in tree aquariums 100 X 50 X 9 cm and tree 40 X 30 X 8 cm, for periods of March 2003 to June 2006. Construction of burrows pattern and the relationship between females and males were analyzed some issues. 1) identify and describe of behaviour of excavation patterns for the construction of burrow. During this observations were identified two phases. The first was shallow burrow and were identified seven patterns, and the second phase corresponding to burrow deep, with six patterns, for a total of thirteen behaviour of excavation patterns. 2) The guidelines presented in the behaviour between females and males, showed that both individuals deployed thirteen patterns excavation. Nevertheless, the females were more frequently recorded patterns that the males. 3) The role of chelae, the pereopods, the maxillipeds, the telson and pleopods in the process of building burrows were different, for chelae: spoon collecting, push, move, erode, remove, excavate, transport and accommodate the sediment; for pereopods: collect, erode, remove, excavate and transport and the maxillipeds, the pleopods and telson were used to remove sediment in the stream caused. 4) Sequences found during process of excavating the burrow, showed that this process had five sequences in the shallow phase, notice was that only the males realized two of these. According to the burrow deep, three sequences were found and realized by both sexes. 5) The shapes of burrows that were presented are simply and have contact with the water table, some of its forms are "J" or "C". Moreover, burrows were occupied by two individuals or by one alone.

Keys words: crayfish, behaviour of excavation, burrows.

INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos dulceacuícolas de México tienen una amplia distribución; se les puede encontrar en una gran diversidad de cuerpos de agua dulce, como arroyos, ríos y lagos. Algunos se han adaptado a la vida cavemícola, otros perforan túneles en la tierra húmeda, en donde soportan las condiciones desfavorables del ambiente (Villalobos, 1955). La ocupación exitosa de distintos hábitats ha sido posible gracias a adaptaciones conductuales, fisiológicas y ecológicas (Horwitz, 1985). En los sistemas acuáticos estos crustáceos sirven como fuente de alimentación para una gran cantidad de animales que habitan estos sistemas como anfibios y mamíferos; en algunas especies se han estudiado sus hábitos alimenticios, ciclos de vida, la selección de su hábitat y el cortejo (Gherardi, 2002).

Actualmente, podemos encontrar trabajos sobre la conducta en acociles; gran parte de estos estudios son de conducta agonística y alimentación. Existen pocos trabajos con respecto a cómo los acociles excavan para construir sus madrigueras (Abbott, 1884; Tarr 1884 y Williams *et al.*, 1974). Estos trabajos se pueden usar como punto de partida para comenzar un estudio al respecto. Por ejemplo, los trabajos de MacManus (1960), quien describió cómo los acociles *Cambarus bartoni*, formaron las chimeneas semicirculares o circulares; Grow (1981) describió el patrón de excavación de *Cambarus diogenes diogenes* bajo condiciones de laboratorio; Redmen (2000) observó que los acociles *Procambarus gracilis* excavan sus madrigueras usando sus quelas para arar el suelo y llevarlo a la superficie, donde fue colocado el sedimento en la entrada de la madriguera, formando pequeñas pilas de escombros, llamadas chimeneas.

La mayoría de los acociles tienden a construir madrigueras, mostrando variaciones en estas. Welch y Eversole (2006) propusieron una nueva clasificación para los acociles, basados en la presencia o ausencia de agua en superficie clasificándolos en tres. Los primarios que son independientes de la presencia de agua en superficie, el secundario está asociado a la presencia de agua en superficie y los terciarios están limitados a la presencia de agua en superficie. Los tipos de madrigueras están relacionados con la tabla de agua y su historia de vida, comenzando con el tipo 2, son madrigueras conectadas al manto freático; el tipo 3 se caracteriza porque es independiente de la tabla de agua y se mantienen por filtración, y el tipo 4 son independientes a la tabla de agua; sin embargo, no se almacena agua en la madriguera aquí los organismos experimentan disecación.

Tomando como base los trabajos antes citados, se propuso identificar las pautas de comportamiento de excavación del acocil *Procambarus acanthophorus*, bajo condiciones de laboratorio, dicha especie es endémica de nuestro país y se desea conocer la conducta de excavación, así como el papel que desempeñan algunos de sus apéndices, se espera que este trabajo ayude en la toma de decisiones para conservar la especie.

ANTECEDENTES

Los reculillas

Los crustáceos que son capturados y comercializados en la Mixtequilla, Veracruz, México, llamados localmente 'reculillas', científicamente son denominados *Procambarus acanthophorus*¹ (Villalobos, 1948 y Signoret *et al.*, 2005). A esta especie (Figura 1) y otras de los géneros *Procambarus* (Ortmann, 1905) *Cambarellus* (Ortmann, 1906) y *Orconectes* (Cope, 1872), en otros sitios del país, se les conoce como acociles, axilis, camarón burrito o reculador (Lorán Núñez y Martínez Isunza, 2002), chapos, mazan o makaxil (Villalobos *et al.*, 1993). Estos diferentes nombres comunes, además de indicar la diversidad de las especies y su distribución del norte al sur de México, igualmente resaltan el conocimiento autóctono que se tiene de ellos. Por ejemplo, el término acocil es una derivación de la palabra náhuatl *acocili* que está formada por *atl* (agua) y *cuicili* (sacudir); el que sacude el agua. Conducta que a su vez, es el resultado del comportamiento de recular para el escape que presentan estos invertebrados (Krasne y Edwards, 2002). Las especies de la familia *Cambaridae*, junto con las de las familias *Astacidae* y *Parastacidae*, constituyen el infraorden *Astacidae* del orden Decapoda (Crustacea) que se encuentra ampliamente distribuido en nuestro planeta; sus miembros son conocidos comúnmente por el nombre en inglés de Crayfish [(Say, 1817; Huxley, 1880; Villalobos, 1948; Hobbs, 1989) citado por Signoret *et al.*, 2005].

Las madrigueras de los acociles excavadores

Los acociles excavadores utilizan sus madrigueras como refugio, para alimentarse, incubar los huevos, así como para la cría de los juveniles (Tarr, 1884; Ortmann, 1906; Grow, 1980 y 1982, Signoret *et al.*, 2005). Las madrigueras les brindan protección de sus depredadores, así como en sus etapas más vulnerables, como la muda; también son usadas para resguardarse del descenso

¹ "Cambaridos de rostro largo con espinas laterales. Caparazón con dos espinas laterales a cada lado; cinco espinas branquiostegales; aréola estrecha. Quelas pubescentes. Isquiopodio de los pereiópodos del tercer par con gancho. Los pleópodos del primer par del macho con hombro; proceso mesial pequeño y recurvado; proceso cefálico presente; proyección central poco desarrollada. El *annulus ventralis* es pequeño. Tubérculo romo entre los quintos pereiópodos de la hembra (anexos 1, 2). Hábitat: canales y arroyos. Localidades: El castillo, 4 km de Tuxtepec, Oaxaca; Arroyo Cojinillo, Tierra Blanca, Veracruz; La laguna de Catemaco, Veracruz; Paso del Toro, Veracruz; Espagoyan, ciénega que se forma en la ribera de la laguna de Catemaco, Veracruz; Arroyo Novara, en el Rancho Novara, Cosamaloapan, Veracruz [Villalobos, 1948]"

de temperatura, aire frío y para soportar la temporada de sequía (Tarr, 1884; Ortmann, 1906; Grow, 1980 y 1982; Payette y McGaw, 2003; Signoret *et al.*, 2005; McClain y Romaine, 2007). Las madrigueras de los acociles excavadores, generalmente se localizan a lo largo de los bancos de ríos, cunetas, pantanos, zanjas, zonas costeras bajas, charcos, suelos pantanosos o llenos de cieno, estanques, arroyos temporales, praderas húmedas; las charcas en bosques pueden tener una profundidad de pocos centímetros a 5 metros (Abbott, 1884; Williams *et al.*, 1974; Grow, 1980, 1981 y 1982; Hobbs, 1981; Hobbs y Rewolinsky, 1985; Norrocky, 1991; Signoret *et al.*, 2005; McClain y Romaine, 2007). Se han ubicado madrigueras construidas por acociles provenientes del Triásico (Hasiotis 1993a y 1993b). Las madrigueras poseen una amplia variabilidad de formas y generalmente tienen varias aberturas, cada una de las cuales puede o no estar rodeada por una 'chimenea' de pelotas del fango excavado (Grow, 1981).



Figura 1. Recuililla, *Procamburus acanthophorus*

Ortmann (1906) señala que en general, las madrigueras de *Cambarus bartoni*, *C. diogenes* son muy simples, en comparación con las madrigueras de *C. monongalensis*; éstas fueron más complejas; sin embargo, las que presentaron un alto grado de complejidad son las de *C. carolinus*. Las formas de las impresiones y los rastros de las actividades dejados durante la excavación, no variaron significativamente entre las madrigueras de *Orconectes immunis* (Hagen), *O. nais* (Faxon) y *O. virilis* (Hagen), y son idénticos a los dejados por los acociles empleados en otros estudios (Hasiotis, 1993a). Las madrigueras por lo general contienen a una hembra sola, o bien el macho y la hembra (McClain y Romaine, 2007).

Algunos trabajos describen cómo los acociles comienzan su excavación; por ejemplo, Williams *et al.*, (1974) mencionan que la madriguera de *Cambarus fondiens* tiene una o dos entradas de túneles; comienza con un túnel corto y

converge en un túnel vertical. Grow (1981) y Merchant (1980) describen que los animales comienzan formando una zanja, y que con el tiempo, excavan hacia abajo en forma vertical; en algunos casos modifican su excavación hacia el lado horizontal; las madrigueras pueden tener una o dos entradas y pueden estar tapadas o cerradas. Berril y Chenoweth (1982) observaron, en condiciones de laboratorio, que cuando el nivel del agua es bajo, los animales comienzan a excavar y sellar las madrigueras.

La actividad de excavar el sedimento puede ocurrir en cualquier momento del año. En Lousiana se observó a los animales realizar sus madrigueras más frecuentemente a finales de primavera (Lutz *et al.*, 2007). Sin embargo, la mayor parte de la construcción se da por la noche y puede requerir de varios días hasta completar la madriguera (McClain y Romaire, 2007). Con base en el tiempo que pasan dentro de las madrigueras, su relación con las aguas superficiales y subterráneas, así como la complejidad de su arquitectura en las madrigueras, Hobbs (1942 y 1981) clasificó a los acociles excavadores en tres tipos. Primarios, cuya historia de vida está restringida a la madriguera y ocasionalmente salen en busca de alimento, pareja o nuevos territorios; las galerías son extensas y complejas; en condiciones de sequía, éstas alcanzan el nivel freático. Los excavadores secundarios, generalmente se encuentran en las madrigueras pero merodean fuera de ellas por períodos prolongados; las galerías son simples; en condiciones de sequía, las galerías no alcanzan el nivel freático y los acociles entran en un estado de muy baja actividad metabólica. Los excavadores terciarios son los que se refugian ocasionalmente en las madrigueras durante la época de sequía; sus galerías son simples y someras; se encuentran en el fondo de los cuerpos de agua. Basándose en la relación de las madrigueras con la tabla de agua, Horwitz y Richardson (1986) las clasificaron dentro de las siguientes tres categorías: madrigueras en o conectadas a las aguas de la superficie, madrigueras conectadas a la capa freática y madrigueras independientes a ésta. Hasiotis (1993b) evaluó madrigueras del triásico y holoceno en términos de su arquitectura y la morfología de las impresiones y estableció que de una comparación de estos rasgos, puede ser creada una clasificación para las huellas dejadas en las madrigueras por los acociles de Norteamérica y potencialmente, de estos decápodos en todo el mundo. Usando los términos de Hobbs, acociles excavadores primarios, secundarios y terciarios, Welch y Eversole (2006) clasificaron tres tipos de madrigueras con relación al paisaje: primarios (independientes del agua en la superficie), secundarios (asociados al agua de la superficie) y terciarios (limitados al agua de la superficie); dentro de la clase de las madrigueras primarias y secundarias, estos científicos describen tres tipos: Tipo A) madrigueras conectadas a la tabla de agua, B) madrigueras independientes a la capa freática con agua almacenada durante el año y C) madrigueras independientes al manto freático sin agua almacenada durante el año.

El comportamiento de los acociles durante la excavación

Con respecto a la manera de cómo los acociles construyen sus madrigueras, debe ser citada la antigua observación de Goodman (1842), quien observó a *Cambarus bartoni* llevar hacia afuera de su agujero 'un conjunto de cascajo' que lanzó más allá de su madriguera. Después, Abbott (1885) declaró que *C. diogenes* sale de su refugio llevando en el dorso de la quela una pelota de arcilla; con agilidad inclina este apéndice y coloca aquella sobre el borde de la chimenea. Entonces, el acocil permanece absolutamente quieto durante unos segundos, cuando de repente se dobla y se deja caer al interior de su madriguera. Allí se mantiene aproximadamente de tres a cuatro minutos entre cada aparición; pero siempre trae una pelota de arcilla y la deposita de la manera descrita. Aproximadamente dos de cinco pelotitas no fueron colocadas con suficiente cuidado y cayeron, rodando hacia el exterior de la chimenea.

Obviamente, es casi imposible observar en campo la forma de cavar dentro de la madriguera. Ortmann (1906) observó en el laboratorio individuos de *C. diogenes* y *C. monongalensis*. Después de que fueron traídos al laboratorio, en poco tiempo, los especímenes comenzaron a trabajar, cavaron y levantaron el fango, lo transportaron hacia arriba y con él ensuciaron por todas partes las paredes del frasco. De acuerdo con Grow (1981) la excavación de madrigueras por adultos *C. diogenes* involucra dos patrones motores básicos: 'empujar', lo realiza el animal con el tercer maxilípodo, quelas y en ocasiones usa el segundo par de pereiópodos; el segundo patrón 'transportar', el animal primero extiende sobre el sustrato húmedo las quelas y agarra un poco de sedimento; la tierra liberada es retenida entre las quelas y levantada hacia el cuerpo, donde es transferida al tercer par de maxilípedos y es llevada fuera de la madriguera. En los acociles juveniles se observó un tercer patrón motor, 'abanicar': el acocil levanta su abdomen y con los pleópodos golpea el agua, ocasionando que el sedimento sea barrido detrás de los urópodos y el telson. Stamhuis *et al.*, (1996 y 1998) y Dworschak *et al.*, (2006) observaron el movimiento de los apéndices en la excavación de sus madrigueras de los camarones *Callinassa subterranea*, *Corallianassa longeventris* y *Pestarella tyrrhena*, moviendo de atrás hacia adelante los pleópodos, ventilan el agua que hay dentro de la madriguera; también forman un flujo de corriente levantando parte del sedimento. Los animales, usando el tercer par de maxilípedos junto con el segundo par de pereiópodos, juntan sedimento; lo acarrean usando el tercer par de maxilípedos y el primer par de pereiópodos; y usando el segundo y tercer par de pereiópodos el animal apisona el sedimento que junta.

La importancia agropecuaria y acuicola de los acociles excavadores

Los acociles tienen una gran demanda comercial en Europa, Estados Unidos y China. Existen más de 550 especies de acociles que se encuentran por todas partes, excepto África y la Antártida (Hobbs 1988), de las cuales, sólo aproximadamente 10 se explotan y comercializan. Entre los géneros más apetecidos se encuentran el europeo *Astacus*, los americanos *Procambarus*, *Pacifastacus*, *Orconectes* y *Cambarus*, y de Australia y Nueva Guinea, *Cherax*. Estos animales pueden ser cultivados en estanques o extraídos de su medio natural. En Louisiana, Estados Unidos de América (EUA) se cultivan unas 48,500 ha; se han llegado a capturar aproximadamente de 500 a 700 kg ha⁻¹ y al sureste de los EUA de 700 a 1000 kg ha⁻¹. Las cosechas del acocil excavador *Procambarus clarkii* representan una gran producción en los Estados Unidos. También ha sido cultivado en otras partes, como en España, en donde su éxito es atribuible a su capacidad de colonizar nuevos hábitats (Huner, 2002a). Los países con mayor producción de acociles son China y los EUA (Chen y Edgerton, 2001). La base de datos del Servicio de información global de la industria pesquera de la FAO (FIGIS) sugiere que la producción de acociles fue, en promedio, de 30,000 ton año⁻¹, durante 1996-2001 y posteriormente, Ackefors (2000) y O'Sullivan *et al.*, (2003) estimaron que la producción de acociles en el ámbito global estuvo dentro de la gama de las 120,000 a 150,000 toneladas. Estos son comercializados en mercados internacionales y en áreas locales.

En México, la actividad de captura y comercialización del acocil no representa una de las áreas con apoyo de desarrollo económico, por ser una actividad artesanal y de temporada. Sin embargo, países como Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, China han desarrollado una acuicultura significativa para algunas especies de acociles (Huner, 1994). En nuestro país, los pobladores de la Mixtequilla aprovechan este recurso empleando dicha captura artesanal, lo transforman en pulpa empaquetada que colocan dentro del mercado local o cercano, con calidad y frescura. La carne de acocil tiene un alto valor nutritivo; es rica en proteínas (52.1g), calcio (256 mg), fósforo (636 mg), hierro (184 mg) y aunque es baja en carbohidratos (26.1 g), presenta altas concentraciones de vitaminas y minerales como: sodio, potasio, calcio y magnesio; cabe señalar que el contenido de colesterol es alto; sin embargo, se equilibra éste con la alta proporción de omega 3 que contiene su carne (Goddard, 1988; Ladewig *et al.*, 1993; FAO, 2002; LSU Ag Center, 2002).

El éxito de la acuicultura comercial que ha tenido *P. clarkii* al sur de Estados Unidos, ha promovido su extensa presencia sobre la tierra. En varios lugares los resultados de su introducción han sido negativos; el daño a campos agrícolas causado por sus excavaciones ha provocado que en muchos países se le considere una plaga (Hobbs *et al.*, 1989). Cuando estas actividades son muy intensas, se hace visible un gran número de madrigueras sobre las orillas de los diques y presas, causando a menudo su derrumbamiento. También pueden dañar

los pequeños diques que mantienen agua para los cultivos de arroz, promoviendo la pérdida del agua e interfiriendo con el uso de herbicidas o bien debilitando las paredes de la tierra, lo que provoca hundimientos del suelo y puentes (Hobbs *et al.*, 1989; Hasiotis, 1993a; Marçal Correia y Ferreira, 1995). En una granja de los EUA, se encontraron 2,730 chimeneas ha^{-1} del acocil excavador *Fallicambarus devastador*. Estas medían, en promedio, 12 cm de alto y 28 cm de diámetro y ocupaban el 1.68% de cada hectárea. Las quejas principales de los agricultores y ganaderos, cuyas tierras están infestadas por estos animales, son los daños al suelo, a las cosechas, al ganado, que se causan heridas cuando el suelo se viene abajo con su peso, a los tractores y otras máquinas de cultivo que chocan con las chimeneas, se atascan en los agujeros de las madrigueras e incluso, la tierra se llega a colapsar bajo sus ruedas (Hobbs y Whiteman, 1991). Además, hay dificultades, no sólo con las torres de sedimento que cubren partes significativas del área total de los campos de cultivo, sino también con el efecto de las sales de sodio que son traídas a la superficie; los dos fenómenos ocasionan conjuntamente una disminución en la producción de la tierra (Hobbs y Whiteman, 1991). Más de 17,236 kg de suelo con 40.4 kg de sodio, pueden ser sacados a la superficie cada año (Hobbs y Whiteman, 1991). De una importancia económica igual o mayor que *F. devastador*, son los miembros del género *Procambarus*, el subgénero *Girardiella hagenianus* (Fitzpatrick, 1983) concurre en los suelos de 'conchas negras' y la 'sabana de roble para estacas' (*Quercus stellata*) del Mississipi occidental y el Alabama oriental. Su alimento consiste principalmente de materia vegetal; se ha informado que campos enteros de plántulas de algodón y milpas han sido destruidas por ellos en una noche (Hobbs y Whiteman, 1991). Aparte de los efectos de las madrigueras como estructuras físicas, se puede esperar que las actividades de las dos subespecies del acocil excavador *Parastacoides tasmanicus* podrían estimular la respiración de suelo. Estas actividades podrían incluir la alimentación, ya que las dos subespecies de este acocil son omnívoras, comen las raíces que se encuentran bajo las madrigueras, entre otras cosas. El movimiento del acocil en la madriguera de arriba a abajo mecánicamente empareja las líneas de agua y aire (Richardson, 1983). Cabe señalar que la actividad de alimentación contribuye al reciclado de la materia orgánica en el sedimento, mientras que la construcción de la madriguera contribuye a la resuspensión del sedimento y oxigenación (Argeler *et al.*, 2001). Las madrigueras que construyen los acociles en los ambientes lóticos y lénticos, pueden crear inconvenientes, principalmente de erosión, por el derrumbamiento de las orillas de los arroyos; las mismas madrigueras debilitan las orillas y las pequeñas fluctuaciones de las cantidades de agua en el manto freático pueden ser acentuadas por los huecos creados por ellas. Estos vacíos pueden permitir que el reblandecimiento del suelo arcilloso se expanda y que virtualmente desaparezca la corriente o el banco ribereño. El peso de éste por sí mismo puede causar su propio colapso (Hasiotis, 2006).

HIPÓTESIS

Con base en la literatura consultada, se formuló la hipótesis de que en el comportamiento de excavación de los acociles *Procambarus acanthophorus*:

Se observarían, por lo menos, las siguientes pautas: arar el sedimento con las quelas, transportar el sedimento con la quela, botar el sedimento con la quela, llevar sedimento con el tercer maxilípodo y los pleópodos y telson. Los apéndices usados en la excavación son: las quelas, el tercer maxilípodo, el segundo par de pereiópodos, los pleópodos y telson, estos asumirían las siguientes funciones arar, empujar, levantar, transportar y botar el sedimento.

III. OBJETIVOS GENERALES

- ❖ Registrar las pautas de comportamiento que presenta el acocil (*Procambarus acanthophorus*), durante la excavación de sus madrigueras en cautiverio.
- ❖ Determinar la función que tienen los apéndices del acocil (*Procambarus acanthophorus*), en sus actividades de excavación.

OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Identificar las pautas de comportamiento de excavación en la construcción de madrigueras.
- ❖ Describir las pautas del comportamiento de excavación en la construcción de la madriguera.
- ❖ Comparar las pautas de excavación entre sexos.
- ❖ Registrar la actividad del par de quelas, telson, pereiópodos y pleópodos del acocil, en la excavación de sus madrigueras.

IV. METODOLOGÍA

Los reculillas (*Procambarus acanthophorus*) para la experimentación fueron capturados en los potreros inundados, adyacentes al caserío de El Camarón (18° 32.084' N, 95° 57.538' O y altitud de 25 msnm), en el municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz (Figura 2). Este es conocido tradicionalmente como La Mixtequilla (Signoret *et al.*, 2005). Su clima es cálido-húmedo, $Aw_2 (w) (i) gw^*$. La temperatura media anual es de 25.9 °C; los meses más calientes son mayo y junio. Las lluvias se presentan en verano; la mayor precipitación comienza en julio y termina en octubre (García, 1988).

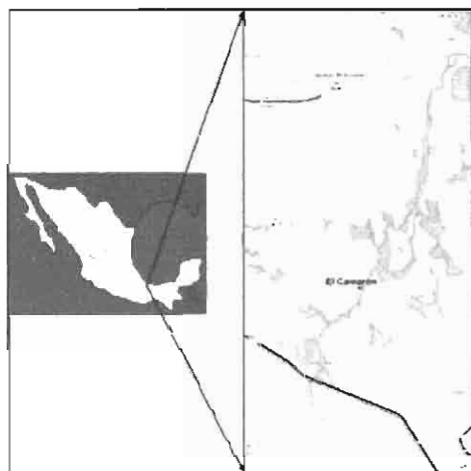


Figura 2. Área de captura

Los animales fueron trasladados al Laboratorio de Fisiología y Comportamiento Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana -Xochimilco. Después de un período de adaptación, los organismos fueron colocados en tres acuarios pequeños de 40 X 30 X 8 cm, y tres grandes de 100 X 50 X 9 cm. Los reculillas fueron trasladados a los acuarios y fueron marcados de la siguiente forma 1C, 2C, 3C, 1G, 2G y 3G (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registros de los animales observados en los acuarios

No. acuario	No. de parejas	No. animales observados		Tiempo de observación
		H	M	VG
1C	1	1	1	6 h 30 min
2C	1	1	1	6 h
3C	1	1	1	4 h
		1	1	2 h
1G	1	1	1	45 h
		1	1	30 h
2G	2	2	2	42 h
		2	2	24 h
3G	3	1	1	6 h
Tiempo total				165.5 horas

Cada acuario fue llenado con agua y sedimento traído del lugar de captura (Figura 3). Conforme se evaporó el agua se fue secando el lodo. Las observaciones se realizaron para cada acuario hasta que el animal finalizó la construcción de la madriguera, teniendo como límite la tabla de agua. Dado que estos acociles son de hábitos nocturnos, los acuarios se mantuvieron en un cuarto aislado, bajo un régimen de iluminación que simula el día y la noche, en las cuatro estaciones del año (Cuadro 2).

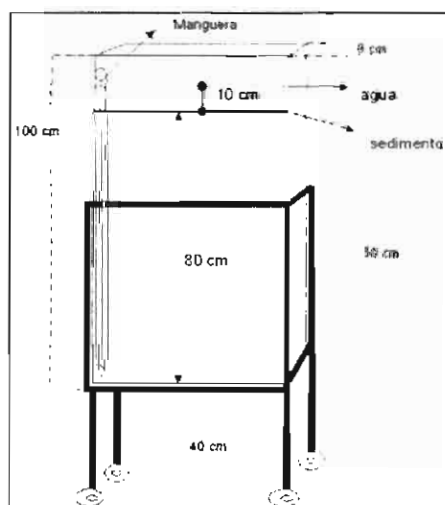


Figura 3. Acuarios para alojar a los organismos

Cuadro 2. Régimen de iluminación para los acuarios en condiciones de laboratorio

Estación	Inicio	Horas	Condición	Horas	Condición	Horarios
Primavera	20 marzo	12	Luz	12	Oscuridad	06:00-18:00
Verano	21 junio	14	Luz	10	Oscuridad	05:00-19:00
Otoño	23 septiembre	12	Luz	12	Oscuridad	06:00-18:00
Invierno	22 diciembre	10	Luz	14	Oscuridad	07:00-17:00

En cada uno de los tres acuarios chicos se colocó una pareja de animales; en los acuarios grandes, en el primero se introdujo una pareja de ambos sexos, en el segundo, dos y en el tercero tres. A fin de poder identificar el sexo de los organismos durante las observaciones, los individuos fueron marcados con barniz de uñas en el caparazón; las hembras de color rosa y los machos de color verde. Las observaciones se realizaron en 22 organismos (11 hembras y 11 machos), durante el periodo de marzo de 2003 a junio de 2006.

Con la finalidad de observar la conducta que realiza el organismo antes de iniciar la construcción de su madriguera, al comenzar cada experimento se empleó un muestreo *ad libitum*; es decir, se anotó toda la actividad visible de los animales. Después de que los animales recorrieron el área durante los primeros 60 minutos, se emplearon registros focales (Martín y Bateson, 1986; Lehner, 1996). Considerando que los acociles son de hábitos nocturnos, estos registros se emplearon por la tarde-noche (las observaciones comenzaban a las 16:00 h y concluían a las 02:00 h), empleando cámaras de video digital (Sony Handycam Vision CCD-TRV94 y Sony Handycam Nighshot plus DCR-TRV361). El total de horas filmadas fueron 165.5.

En concordancia con Delgado y Delgado (1962), citados por Lehner (1996), el comportamiento de excavación por parte de los acociles *Procambarus acanthophorus* se clasificó considerando su complejidad. Las unidades dinámicas fueron definidas e identificadas por secuencias de relaciones espaciales (por ejemplo, desprendimiento de partículas de sedimento), localizadas que sólo involucraron una parte del sistema (p. ej. con las quelas y los pereiópodos) o generalizadas, que involucraron cambios de posición de todo el sistema en relación a su medio (por ejemplo, el animal se desplaza verticalmente sobre las paredes del túnel). Las unidades complejas fueron secuencias (p. ej. reúne sedimento con las quelas -- reúne sedimento con los pereiópodos -- empuja el sedimento con la quela en posición horizontal) y papeles activos (por ejemplo, transporta, abanica). En el siguiente rango, se aislaron patrones específicos del comportamiento del acocil (remueve el sedimento con las quelas ó los pereiópodos). En el siguiente nivel, se especifican actos conductuales dentro de un dado patrón (p. ej. el acto de sacar la bolita de sedimento se puede dividir en formar la bolita, transportarla y acomodarla). No obstante que se hace una mayor referencia a las pautas o patrones del comportamiento, como siempre en los estudios de la conducta, las unidades del comportamiento no se localizaron en un sólo nivel particular; se consideró que se podía ganar un mayor conocimiento enfocando de un lado a otro, de las secuencias a los actos y de éstos a aquellas.

La información de cada registro se sistematizó en una hoja de captura de datos diseñada ex profeso: identificación del acuario, fecha, hora de inicio y término, sexo de los individuos, nombre de la conducta, codificación empleada en el registro, descripción detallada de las pautas, su frecuencia y duración (Anexo 3).

En hojas electrónicas se registraron los datos separados por sexo, se asentó la frecuencia de las pautas, el número de veces que tuvieron lugar en unidades recíprocas de tiempo (h^{-1}) y el total del número de ocurrencias de cada comportamiento para las 165.5 h de observación; de las cuales, en la gráfica 1, se muestra la distribución en porcentaje de un total de 843 datos. De forma parecida, se anotó la duración, la longitud de tiempo durante el cual sucedieron los patrones conductuales en minutos y la duración total, la suma de las duraciones de las pautas representadas en una sesión de una hora.

Aunque no estaba incluido en los objetivos, con el propósito de incrementar un poco más el conocimiento del comportamiento de excavación de los recuillas, *P. acanthophorus*, se determinaron las diferencias o semejanzas estadísticamente significativas de las medias de las frecuencias promedio por h^{-1} y el promedio de las duraciones. Para esto, con el paquete estadístico Statgraphics plus se aplicó una comparación múltiple. El método que se utiliza en esta prueba es el procedimiento de las diferencias significativas menores de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5.0% de riesgo de considerar cada par de medias como significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0. La salida mostró la diferencia estimada entre cada par de medias, con una indicación que mostraba las diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%. Así mismo, se identificaron cuatro grupos homogéneos de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. Para determinar si las frecuencias del comportamiento de excavación fueron diferentes entre las hembras y los machos se utilizó la prueba de Mann-Whitney.

Para analizar con más detalle los patrones conductuales de los *P. acanthophorus* durante el proceso de excavación, de acuerdo a Martin y Bateson (1986), se anotó el número de veces que se observó una pauta seguida de otra, en las 165.5 horas de filmación disponibles, registrando así las secuencias, las cuales están conformadas por dos, tres o cuatro pautas. El número de veces que se presentaron las secuencias para las hembras y los machos, se normalizó al 100%. Para la elaboración de los diagramas en los que se representan estas secuencias, se tomó como ejemplo la presentación de los resultados de la investigación de Derby *et al.*, (1982), en la que se describen las secuencias de las pautas del comportamiento de alimentación de la langosta *Homarus americanus*. Cabe destacar que se detectaron tres pautas aisladas que son cucharea el fango con la quela (CucFanQe), bombea sedimento con los pleópodos y telson (BomSdPIT) y genera corriente con los maxilípedos (GenCorMx).

Para cuantificar y distinguir las formas de las madrigueras desde sus comienzos, se registró la madriguera (forma cóncava); usando una hoja transparente, se colocó sobre el cristal del acuario, calcando la forma y tamaño de la madriguera construida hasta el momento. Estas madrigueras calcadas se registraron conforme el animal avanzó en su construcción.

V. RESULTADOS

El comportamiento de excavación

A partir de las observaciones realizadas con los acocil *Procambarus acanthophorus*, se identificaron 13 pautas de excavación (en el Anexo 4 se presentan las trece pautas con su nombre, código, una definición detallada de la pauta y se ilustran con fotografías y dibujos). El proceso de excavación de la madriguera se dividió en dos fases, en la fase madriguera somera se identificaron siete pautas y en la fase madriguera profunda seis pautas de excavación.

Madriguera somera

Al colocar a los acociles en el acuano, los organismos inician una exploración durante la cual van rozando con las quelas el sedimento del área. En general podemos decir que *P. acanthophorus* usa las quelas y los pereiópodos para excavar. Al seleccionar el lugar, estos acociles inician la excavación de su madriguera cuchareando el fango con la quela (CucFanQe) hacia el bordo de la madriguera. Posteriormente reúnen el sedimento con las quelas (ReuSedQe) o con los pereiópodos (ReuSedPe). Se observó en los reculillas que al tener una pequeña cantidad de sedimento reunido, empujan el sedimento con la quela en posición horizontal (EmSedQeH) o lo desplazan con la punta de ésta (DzSedPQe); no se observó el uso del tercer maxilpedo para esta acción. Después de un tiempo, el acocil formó una concavidad somera con una profundidad de entre 3 a 5 cm (Figura 4);



Figura 4. Concavidad somera

En el fondo de la madriguera somera se observó que hay sedimento suelto que es levantado con los maxilípedos mediante una agitación rápida que genera corrientes (GenCorMx) o por medio del bombeo con los pleópodos y el telson (BomSdPIT). En la Figura 5 se esquematizan las siete pautas que se observaron a lo largo de esta primera fase de madriguera somera.

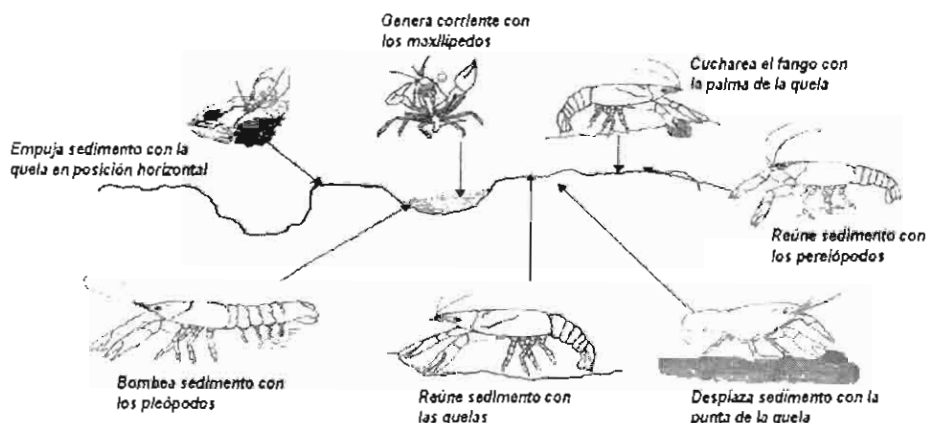


Figura 5. Esquema de las pautas de excavación del acocil *Procambarus acanthophorus* en la fase madriguera somera. Las flechas indican la parte de la madriguera donde se presentó la pauta de comportamiento.

Madriguera profunda

Conforme los organismos avanzaron en la excavación, la madriguera se hizo más profunda, en este punto se le llamó fase de la madriguera profunda, con una profundidad de 10 a 80 cm (Figura 6). En esta etapa, la madriguera cuenta con una pequeña cámara y el acocil desprende sedimento (DsPreSed) de las paredes. También, socava y desplaza sedimento en posición horizontal (SocDzSdH). Cuando la profundidad se hace mayor, se observa la pauta de excavación en posición vertical; el animal se voltea para sacar el sedimento (ExVvSaSd). El acocil socava el sedimento usando el telson y los pleópodos (SocSdPIT) agitando estos generó una pequeña corriente que levantó pequeñas partículas de sedimento.



Figura 6. Madriguera profunda

Por último, *P. acanthophorus* transporta una bolita de lodo con las quelas entrecruzadas y el segundo par de pereiópodos, fuera de la madriguera (TraBolSd); después la acomoda, haciendo presión con las quelas y el 2° par de pereiópodos (AcmBolSd), formando así chimeneas (Figura 7).

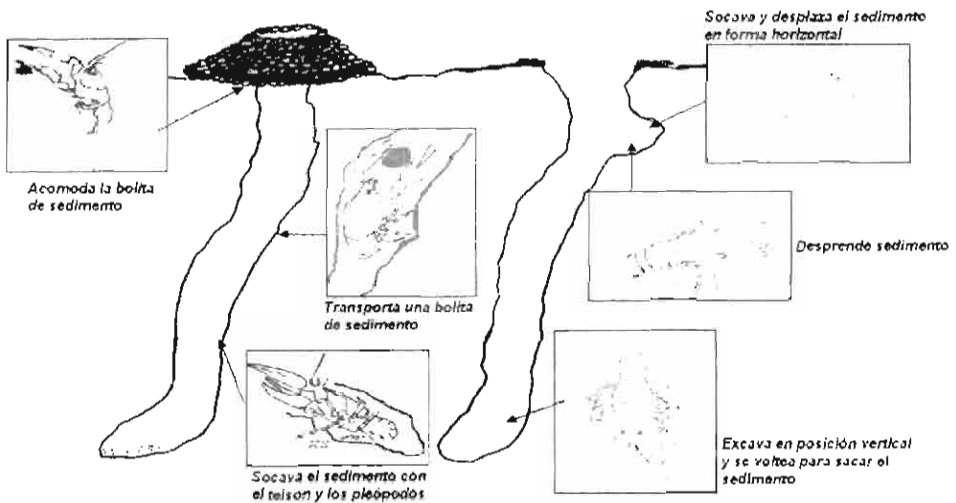


Figura 7. Esquema de las pautas de excavación del recullilla en la fase de madriguera profunda. Las flechas indican la parte de la madriguera donde se presentó la pauta de comportamiento.

Cabe destacar que en este trabajo se describen cuatro pautas nuevas, de las que no se ha detectado algún registro previo en otros trabajos. La pauta de 'cucharear el fango' (CucFanQe); se presentó después de que los organismos seleccionaron el lugar donde construirían la madriguera. Las otras pautas son: 'reunir sedimento con las quelas' (ReuSedQe) y 'reunir sedimento con los pereiópodos' (ReuSedPe). La pauta 'desprender sedimento' (DsPreSed) se observó cuando los animales desprenden sedimento de las paredes o del techo de la cámara o galería que han formado dentro de las madrigueras.

Los apéndices más usados en la excavación son las quelas para cucharear, reunir, socavar, desplazar, empujar, desprender, excavar, transportar y acomodar el sedimento. Se observó a dos acociles *P. acanthophorus* que no tenían quelas; sin embargo, construyeron su madriguera empleando el 2° y 3° par de pereiópodos para suplir a las quelas. Cuando los organismos poseen sus quelas, los individuos utilizan los pereiópodos en la acción de reunir, desprender, socavar, excavar, transportar y acomodar el sedimento. Otro apéndice usado son los maxilípedos; al agitarlos rápidamente generan una corriente que levanta pequeñas partículas de sedimento; de igual forma se usan de los pleópodos y telson para levantar pequeñas partículas de sedimento.

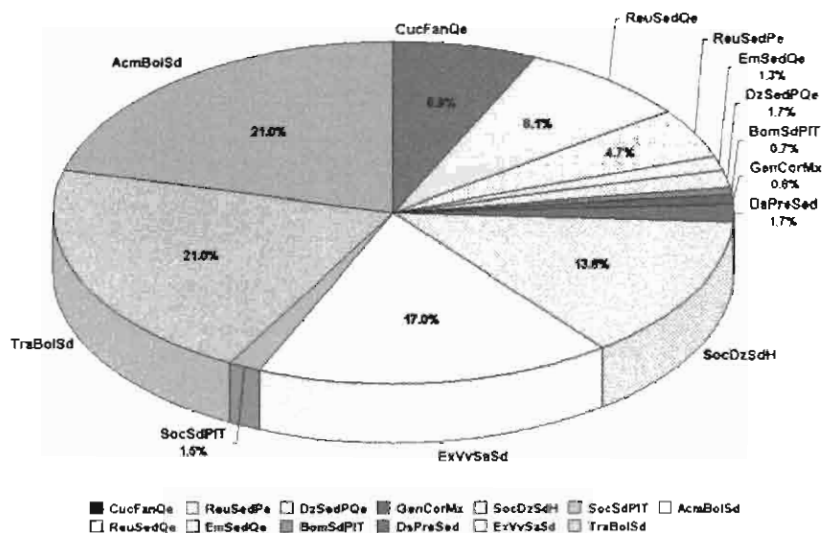
La frecuencia y duración de las pautas de excavación

Se obtuvieron 843 registros de los patrones del comportamiento de excavación del recuililla *Procambarus acanthophorus*. En el Cuadro 3 se muestran las trece pautas identificadas, su codificación o abreviatura, sus frecuencias de ocurrencia para las 165.5 h de registro, los promedios de las frecuencias h^{-1} o el número de veces que se presentaron por hora, y los promedios de las duraciones (minutos). En la Gráfica 1 se observa la distribución en porcentaje de las veces que fue registrada cada una de estas pautas.

En la primera fase, la de la madriguera somera, se observaron siete pautas; las de mayor frecuencia fueron: ReuSedQe (8.1%), CucFanQe (6.9%) y ReuSedPe (4.7%). Las observaciones hechas en el laboratorio nos indican que estas tres pautas son la base para la construcción de la madriguera. El organismo comienza a cucharear el fango con las quelas y posteriormente reúne el sedimento con las quelas o los pereiópodos.

En la segunda fase, la de la madriguera profunda, se observaron seis pautas; las de mayor frecuencia fueron: ExVvSaSd (17%), SocDzSdH (13.6%), TraBolSd (21%) y AcmBolSd (21%), dado que la madriguera es un túnel vertical estrecho, con una cámara pequeña.

Grafica 1. Distribución en porcentaje de las veces que fueron registradas las pautas de excavación



Como se puede ver en el Cuadro 3, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples, los promedios de las frecuencias h^{-1} , de las dos pautas más representativas entre hembras y machos, en la fase somera, no presentan diferencias significativas: para CucFanQe, las hembras tienen 3.71 y los machos 3.28 h^{-1} (diferencia=0.43) y para ReuSedQe las hembras presentaron 5.44 y los machos 3.4 h^{-1} (diferencia=2.04).

Con respecto a los promedios de las frecuencias h^{-1} , de las cuatro pautas más representativas en la fase madriguera profunda (Cuadro 3), se encontró que hay diferencias estadísticamente significativas entre las pautas: SocDzSdH, las hembras presentan 7.67 h^{-1} , mientras que los machos 12.67 h^{-1} (diferencia=-5.0) y para TraBolSd las hembras tienen 8.93 h^{-1} y los machos 3.14 h^{-1} (diferencia=5.79). Sin embargo, con relación a la pauta ExVvSaSd, las hembras presentan 5.1 h^{-1} y los machos 3.5 h^{-1} (diferencia=1.6) y para AcmbolSd las hembras muestran 8.37 h^{-1} y los machos 6.14 h^{-1} (diferencia=2.23).

Cuadro 3. Datos de la frecuencia y duración promedio de las pautas del comportamiento de excavación.

Nombre de las pautas	Abreviaturas	No. de veces observadas en 165.5 horas		Promedio de las frecuencias h ⁻¹			Promedio de las duraciones (minutos)		
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
PRIMERA FASE MADRIGUERA SOMERA									
Cucharea el fango con la quela	CucFanQe	35	23	3.71	N.S 0.43	3.28	5.05	N.S -0.10	5.16
Reúne sedimento con las quelas	ReuSedQe	49	19	5.44	N.S 2.04	3.4	8.45	N.S 3.41	5.04
Reúne sedimento con los pereiópodos	ReuSedPe	25	15	3.57	¿?	4.0	7.03	N.S 1.42	5.60
Empuja sedimento con la quela en posición horizontal	EmSedQeH	7	4	3.5	¿?	2	3.67	¿?	1.63
Desplaza sedimento con la punta de la quela	DzSedPQe	8	8	2	¿?	3	2.80	¿?	3.89
Bombea sedimento con los pleópodos y el telson	BomSdPIT	4	2	4	¿?	2	5.82	¿?	0.78
Genera corrientes con los maxilípedos	GenCorMx	5	2	2.5	¿?	2	2.02	¿?	0.13
SEGUNDA FASE MADRIGUERA PROFUNDA									
Desprende sedimento	DsPreSed	8	6	2.67	¿?	3	2.41	¿?	3.41
Socava y desplaza sedimento en posición horizontal	SocDzSdH	69	46	7.67	-5.0	12.67	25.27	-17.25	42.52
Excava en posición vertical y se voltea para sacar el sedimento	ExVvSaSd	122	21	5.1	N.S 1.6	3.5	22.05	N.S 10.05	12.0
Socava sedimento con el telson y los pleópodos	SocSdPIT	9	4	3	¿?	4	8.85	¿?	5.79
Transporta una bolita de sedimento	TraBolSd	134	43	6.93	5.79	3.14	27.62	19.62	8
Acomoda la bolita de sedimento	AcmBolSd	134	43	8.37	N.S 2.23	6.14	17.35	N.S 6.37	10.98

Los datos que tienen (¿?) no hay relación estadísticamente significativa, (*) muestran una diferencia significativa y (N.S) no hay diferencia significativa.

Para comparar las frecuencias de los eventos observados en la fase de madriguera somera y madriguera profunda se utilizó la prueba de Mann-Whitney. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las pautas: para el número de frecuencias de la pauta CucFanQe encontramos en las hembras 35 y los machos 23; ($U=15.5$ $p<0.24$); la pauta ReuSedQe las hembras 49 y los machos 19 ($U=11.5$ $p<0.15$); ReuSedPe las hembras exhibieron más esta pauta 27 y los machos 18 ($U=16$ $p<0.75$); EmSedQeH las hembras 7 y los machos 4 ($U=5$ $p<0.41$); DsPreSed las hembras 8 y los machos 6 ($U=3.5$ $p<0.99$); la pauta ExVvSaSd las hembras 122 y los machos 28 ($U=35.5$ $p<0.14$) y AcmBolSd se observó más en las hembras, 134 y en los machos 43 ($U=47.5$ $p<0.59$). Sin embargo, hay diferencia estadísticamente significativas en las pautas SocDzSdH; la hembra 69 y el macho 46 ($U=26$ $p<0.02$) y TraBolSd 134 las hembras y los machos 43 ($U=15$ $p<0.008$).

Al comparar los promedios de las duraciones de cada una de las pautas entre las hembras y los machos, en la fase somera (Cuadro 3), se detectó que en la pauta CucFanQe, no hay diferencia estadísticamente significativa; las hembras invierten 5.06 min y los machos 5.16 min (diferencia=-0.10), así como en las pautas ReuSedQe, 8.45 min en las hembras y 5.04 min en los machos (diferencia=3.41) y ReuSedPe, las hembras tienen 7.03 min, mientras que los machos 5.60 min (diferencia=1.42).

En cuanto a los promedios de las duraciones en la fase madriguera profunda (Cuadro 3), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las pautas: ExVvSaSd, las hembras 22.05 min y los machos 12.0 min (diferencia=10.05) y AcmBolSd las hembras muestran 17.35 min y los machos 10.98 min. (diferencia=6.37). Con relación a las siguientes pautas se encontró diferencia estadísticamente significativa en SocDzSdH, las hembras muestran 25.26 min y los machos 42.52 min (diferencia=-17.25) y TraBolSd las hembras tienen 27.62 min y los machos 8.0 min. (diferencia=19.62).

Las secuencias del comportamiento de excavación

Con base en las observaciones del comportamiento de excavación del acocil, se observó la secuencia de las pautas que manifestaron las hembras y los machos con el fin de comparar el despliegue de las pautas. En el Cuadro 4 se muestran las cinco secuencias del comportamiento de excavación en la madriguera somera. La primera y la segunda están formadas por tres pautas; la tercera y cuarta por dos y la quinta por cuatro. También se muestra el número de veces que los animales realizaron éstas; las hembras realizaron las cinco secuencias, mientras que los machos únicamente dos.

Las secuencias que siguieron las pautas en el comportamiento de excavación, en la fase madriguera somera se ilustran con un diagrama en la Figura 7. Generalmente los acociles comenzaron con la pauta aislada CucFanQe, con un 60.34% las hembras y los machos un 39.65%. El porcentaje de esta y de

las otras pautas aisladas se calculó de manera independiente, únicamente para la distribución entre los sexos. Las secuencias que se registraron en las hembras y los machos son: ReuSedQe—ReuSedPe—EmSedQeH, las hembras con un porcentaje mayor (24.565%) que el de los machos (8.77%) y ReuSedPe—EmSedQeH, ambos sexos con un 8.77%. Las siguientes secuencias se observaron únicamente en las hembras: ReuSedQe—ReuSedPe—DzSedPQe (10.53%), ReuSedQe—EmSedQeH (22.80%) y limpia el rostro y quelas – ReuSedPe—ReuSedQe—EmSedQeH (15.79%). En el diagrama se puede ver la presencia de otras dos pautas aisladas, GenCorMx y BomSdPIT; estas pautas se observaron cuando el sedimento no estaba muy compactado; con ellas los individuos generaron corrientes con las que levantaron pequeñas partículas de sedimento.

Cuadro 4. Secuencia de las pautas del comportamiento de excavación en su fase de madriguera somera (se muestra el número de veces observado)

Primera fase "forma cóncava"	No. de veces observadas en 165.5 horas	
	♀	♂
Cucharea el fango con la quela.	35	23
Reúne sedimento con las quelas -- Reúne sedimento con los pereiópodos -- Empuja el sedimento con la quela en posición horizontal	14	5
Reúne sedimento con las quelas -- Reúne sedimento con los pereiópodos -- Desplaza el sedimento con la punta de la quela	6	-
Reúne sedimento con los pereiópodos -- Empuja sedimento con la quela en posición horizontal	5	5
Reúne sedimento con las quelas -- Empuja sedimento con la quela en posición horizontal	13	-
Limpia el rostro y las quelas -- Reúne sedimento con los pereiópodos -- Reúne sedimento con las quelas -- Empuja sedimento con la quela en posición horizontal	9	-
Bombeea sedimento con los pleópodos y telson	6	-
Genera corriente con los maxilípedos	6	2

Cuadro 5. Secuencia de las pautas del comportamiento de excavación en la fase madriguera profunda (se muestra el número de veces observada)

Segunda fase "madriguera profunda"	No. de veces observadas en 165.5 horas	
	♀	♂
Socava y desplaza sedimento en posición horizontal	69	46
Desprende sedimento de las paredes de la madriguera – Transporta la bolita de sedimento – Acomoda la bolita de sedimento.	8	5
Excava en posición vertical y se voltea para sacar el sedimento – Transporta una bolita de sedimento – Acomoda la bolita de sedimento.	120	43
Socava sedimento con el telson y los pleópodos – Transporta una bolita de sedimento – Acomoda la bolita de sedimento.	8	3

Con respecto a la fase madriguera profunda, en el Cuadro 5 se muestran tres secuencias, cada una de éstas la integran tres pautas, mismas que fueron realizadas tanto por las hembras como por los machos; igualmente, podemos ver su número.

Las secuencias de las pautas del comportamiento de excavación que siguieron los acociles en la fase de la madriguera profunda se representan en el diagrama de la Figura 8. Se observó la pauta aislada SocDzSdH, 60.0% las hembras y los machos 40.0%; o bien, las secuencias DsPreSed—TraBolSd—AcmBolSd, en las hembras 4.28% y los machos 2.67%; ExVvSaLo—TraBolSd—AcmBolSd, las hembras con 64.17% mientras que para los machos 23.0% y SocSdPIT—TraBolSd—AcmBolSd en las hembras 4.28% y los machos 1.60%.

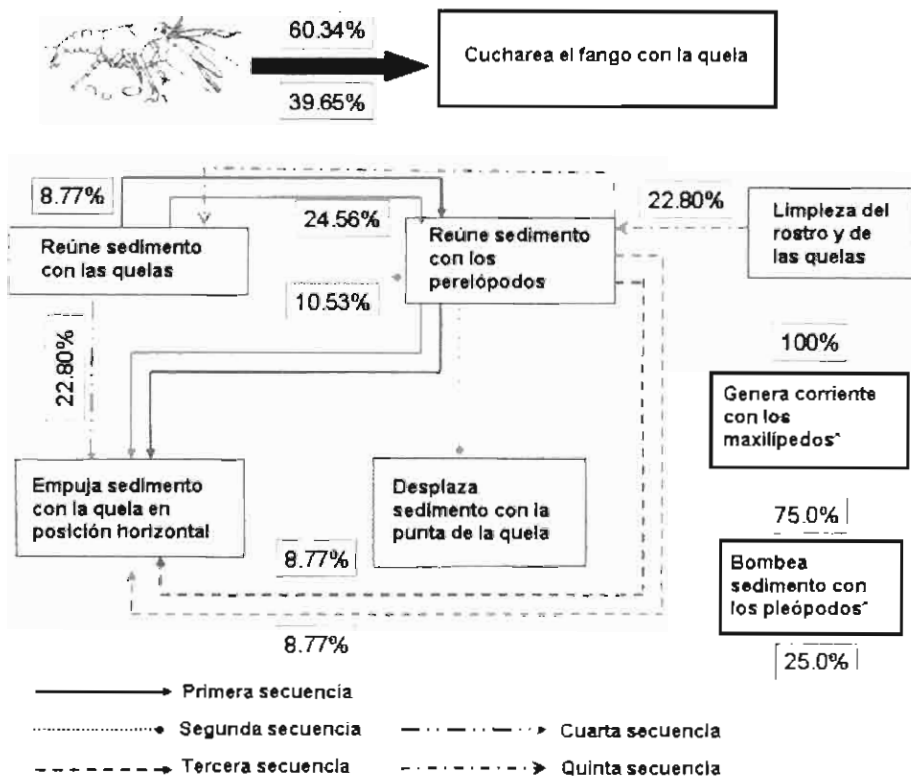


Figura 7. Diagrama de las secuencias que siguen las pautas de comportamiento de excavación en la fase de madriguera somera. Las líneas de color rosa representan las secuencias realizadas por las hembras y las líneas de color verde al macho; el estilo de las flechas indican el número de secuencia. Las pautas aisladas están señaladas con (*).

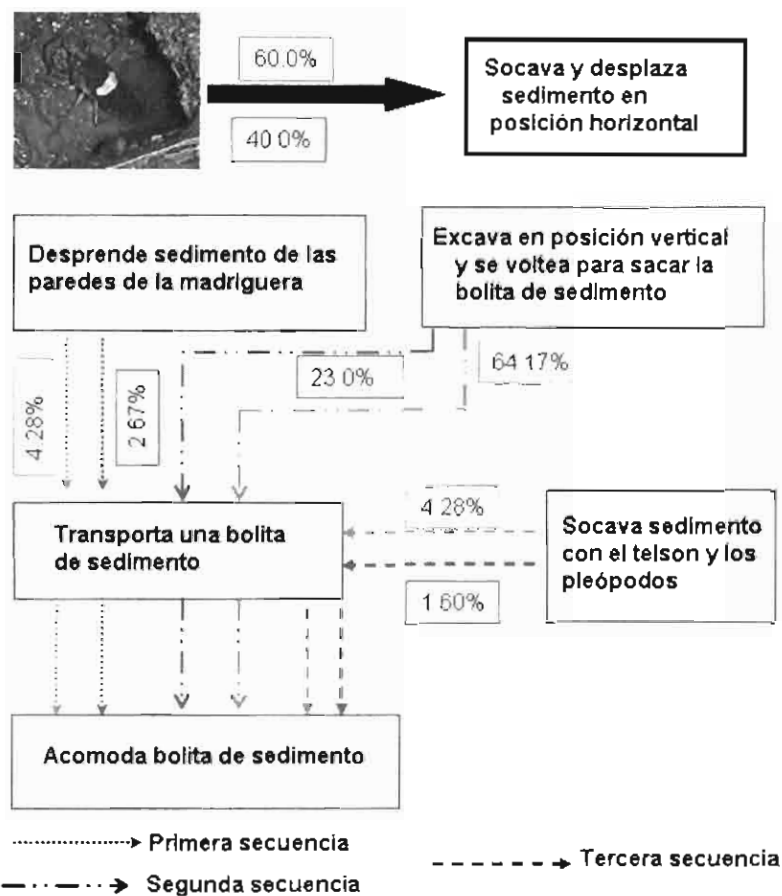


Figura 8. Diagrama de las secuencias de las pautas del comportamiento de excavación, en la fase de madriguera profunda. Las líneas de color rosa representan las secuencias hechas por las hembras y las líneas de color verde indican las secuencias de los machos. El estilo de las flechas indican el número de secuencia.

La conducta del aseo

Un comportamiento que está asociado con las pautas de excavación, es la limpieza de algunos de los apéndices que como resultado de la excavación se cubren de lodo, por lo cual se limpian algunas partes del cuerpo. Las pautas de la conducta para el aseo o acicalamiento, se agruparon de acuerdo a los apéndices que emplean para limpiar algunas partes de su cuerpo; con el 2° y 3° par de pereiópodos, los organismos se limpian las quelas y los maxilípedos; con el 2°, 3° y 4° pares de pereiópodos, los animales se acicalan el rostro; usando el 4° y 5° par de pereiópodos, se limpian el abdomen y los pleópodos; finalmente para limpiar los pereiópodos, utilizan las quelas.

En el Cuadro 6 se muestran las cuatro pautas de limpieza y el número de veces que se observaron, normalizados al 100%. El porcentaje que corresponde para limpieza de las quelas y los maxilípedos es de 28.0% las hembras y los machos 8.0%. La limpieza del rostro en las hembras 14.67% y los machos 5.33%; la limpieza de los pleópodos y el abdomen las hembras 10.66% y los machos 2.66, por último la limpieza de los pereiópodos en las hembras 17.33% y los machos 13.33%. Se pudo ver que las hembras realizan con más frecuencia las pautas de acicalamiento en comparación con los machos.

Cuadro 6. Pautas de comportamiento de limpieza de los apéndices (se muestra el la frecuencia en porcentaje de éstas)

Pautas de limpieza	Frecuencias en porcentaje %	
	♀	♂
Limpieza de las quelas y los maxilípedos	28.0	8.0
Limpieza del rostro	14.67	5.33
Limpieza de los pleópodos y abdomen	10.66	2.66
Limpieza de los pereiópodos	17.33	13.33

Las madrigueras

De las 35 madrigueras observadas en el presente estudio, éstas formaron una concavidad somera o depresión baja; 25 de las cuáles continuaron con un túnel vertical o levemente inclinado (Figura 9a) y diez de las madrigueras fueron excavadas horizontalmente, formando una cámara o galería (Figura 9b). En los recuilillas se registró que las madrigueras que iniciaron verticalmente y después continuaron en dirección horizontal, fueron poco profundas (3.5-6 cm), presentando una forma de **J** o **C** (Figura 9c). Aunque, en general cada individuo de *Procambarus acanthophorus* construyó su madriguera y éstas estaban juntas y sin conexión entre ellas (Figura 9d), algunas si estuvieron conectadas por medio de un túnel muy estrecho (Figura 9e). Dentro de las madrigueras se llegó a encontrar a un individuo, en ocasiones dos (macho y hembra).

En la Figura 10a se muestra la entrada de la madriguera con un diámetro de 4-6 cm, sin acumulación de bolitas de sedimento alrededor de la madriguera. En el laboratorio se observaron 20 madrigueras con presencia de chimeneas abiertas, éstas alcanzan una altura de 5-20 cm (Figura 10b). Quince madrigueras presentaron chimeneas cerradas totalmente, nueve fueron de hembras y seis de machos (Figura 10c).

FORMAS DE LAS MADRIGUERAS


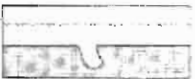








Madrigueras	Diseños reportados	Descripción
<p>a)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Orconectes</i> (Hasiotis, 1993)</p>	<p>a) Madriguera simple La madriguera comienza en forma vertical (cóncava), formando una "V", tiene una profundidad de 8 cm</p>
<p>b)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Procambarus clarkii</i>, (Marçal & Ferreira, 1995)</p>	<p>b) Madriguera en dirección horizontal Esta comenzó en forma vertical y a una profundidad de 20 a 30 cm los animales escavan en dirección horizontal formando una galería</p>
<p>c)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Procambarus clarkii</i>, (Marçal & Ferreira, 1995)</p>	<p>c) Madriguera en forma de "J", "C" La madriguera inicia verticalmente y levemente inclinada hacia un lado, posteriormente cambia hacia la dirección horizontal es pequeña, su altura es de 2 a 4 cm puede ser ocupada por ambos organismos</p>
<p>d)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Orconectes</i> (Hasiotis, 1993)</p>	<p>d) Tres madrigueras Se observan tres madrigueras, cada una es ocupada por un individuo. Es en forma cóncava con una profundidad de 15 a 25 cm.</p>
<p>e)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Orconectes</i> (Hasiotis, 1993)</p>	<p>e) Madriguera Conectadas Hay dos madrigueras que por la parte interna están conectadas ambas cámaras. Los animales se deslizan por un túnel muy estrecho que conecta a ambas madrigueras</p>

Figura 9. Formas de las madrigueras de diferentes especies, bajo condiciones de laboratorio a) madrigueras simples, b) madriguera en dirección horizontal, c) madrigueras en forma de J o C, d) madrigueras individuales, e) madriguera conecta una con otra

FORMAS DE LAS CHIMENEAS



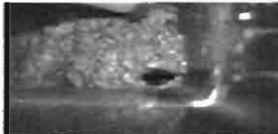

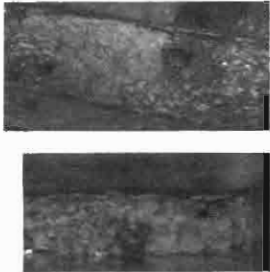
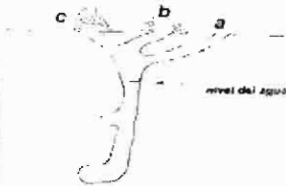
<i>P. acanthophorus</i>	Reportados	Descripción
<p>a)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Orconectes</i> (Hasiotis, 1993)</p>	<p>a) Madrigueras abiertas La entrada de la madriguera puede estar totalmente abierta, pueden tener un diámetro de 4 - 6 cm, con acumulación de sedimento a los lados formando chimeneas</p>
<p>b)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Orconectes</i> (Hasiotis, 1993)</p>	<p>b) Chimenea abierta Se aprecia que en la entrada de la madriguera hay acumulación de sedimento formando así una chimenea con una altura de entre 5 a 10 cm, que no está totalmente sellada.</p>
<p>c)</p> 	 <p>Madriguera de <i>Procambarus diogenes</i> (Grow, 1981). a) madriguera abierta sin presencia de chimenea, b) chimenea abierta, c) chimenea cerrada</p>	<p>c) Chimenea cerrada El acocil en ocasiones, con las quelas grandes, y el 2° par de pereópodos, sella su madriguera para evitar a sus depredadores, y la evaporación del agua que existe dentro de su madriguera.</p>

Figura 10. Se observó las madrigueras con formación de las chimeneas a) madrigueras abiertas sin presencia de chimeneas, b) la chimenea ésta abierta y c) en la primera madriguera se nota una reducción en el tamaño de la chimenea; días después el organismo sella completamente la chimenea, mientras que la otra se mantiene con una pequeña abertura.

V. DISCUSIÓN

El comportamiento de excavación

Lundberg (2004) recientemente presentó un inventario de las pautas del comportamiento en general del acocil *Astacus astacus* (Linneaus,1758); describe brevemente las acciones de los organismos como: buscar alimento, comportamiento de limpieza, actividad de construcción, excavación y locomotriz, entre otras. En el presente estudio se identificaron trece pautas de excavación, algunas de estas pautas de excavación son similares a las descritas por Lundberg. Los acociles al ser colocados en los acuarios iniciaron una exploración con las quelas rozan el sedimento, esto confirma lo observado por Punzalan *et al.*, (2001), los organismos exploran el área para ubicar adecuadamente su madriguera.

Madriguera somera

El estudio de Ortmann (1906) en los acociles *Cambarus monogalensis* y *Cambarus diogenes* no detalla cómo construyen la madriguera; una de las aportaciones de este trabajo es que los acociles emplean el primer par de pereiópodos y quelas para excavar. En el caso de los reculillas observamos el uso de estos apéndices para realizar las pautas de cucharear el fango con la quela (CucFanQe), seguida de reúne el sedimento con las quelas (ReuSedQe) o con los pereiópodos (ReuSedPe). Las observaciones de Grow (1981) en el acocil *Cambarus diogenes diogenes* y de Atkinson y Taylor (1988) con el decápodo *Brachysetus gemmellon*, así como en el catálogo morfológico de Stamhuis *et al.*, (1996 y 1998) sobre el camarón *Callinassa subterranea*, y el trabajo de Dworschak *et al.*, (2006) con camarones *Corallianassa longeventris* y *Pestarella tyrrhena*, señalaron que los animales empujan el sedimento usando el tercer maxilípodo, las quelas, el segundo y tercer par de pereiópodos. Mientras que en los reculillas se observaron las pautas empujan sedimento con la quela en posición horizontal (EmSedQeH) o lo desplazan con la punta de ésta (DzSedPQe). Hay que señalar que nosotros no observamos el uso del tercer maxilípodo para la excavación. Al realizar las seis pautas mencionadas los organismos formaron una concavidad somera, esta forma es semejante a la reportada por Grow (1980, 1981) donde la llama "zanja".

En el fondo de la madriguera hubo presencia de sedimento suelto este fue removido por los acociles con los maxilípedos agitando rápidamente generaron una corriente (GenCorMx) o por medio del bombeo con los pleópodos y el telson (BomSdPIT) formaron una pequeña corriente y levantaron pequeñas partículas de sedimento, esto fue observado en acociles juveniles; Grow (1981) registró que al levantar su abdomen y los pleópodos, golpean el agua ocasionando que el sedimento sea barrido.

Madriguera profunda

De acuerdo con Lundberg (2004) en su etograma del acocil *Astacus astacus*, el animal excava usando las quelas y el segundo par de pereiópodos. En esta fase los reculillas realizaron las pautas de desprender sedimento (DsPreSed) de las paredes, socavar y desplazar sedimento en posición horizontal (SocDzSdH) y excavar en posición vertical y se voltea para sacar el sedimento (ExVvSaSd). En los trabajos de Stamhuis *et al.*, (1996 y 1998) y Dworschak *et al.*, (2006) con camarones *Callianassa subterranea*, *Corallianassa longeventris* y *Pestarella tyrrhena*; los investigadores observaron que dentro de la madriguera, el camarón bombea vigorosamente los pleópodos levantando sedimento. En este estudio se percibió que en el fondo de la madriguera había sedimento flojo; los acociles realizaron esta misma pauta (SocSdPIT).

Goodman (1842), observó con *Cambarus bartoni*, que llevan hacia afuera de su agujero 'un conjunto de cascajo' y lo lanza más allá de su madriguera; Abbot (1885) observó algo similar; el acocil lleva sobre el dorso de la quela una pelota de arcilla. Los trabajos de Ortman (1906) en acociles, Stamhuis *et al.*, (1996 y 1998) y Dworschak *et al.*, (2006) en camarones *Callianassa subterranea*, *Corallianassa longeventris* y *Pestarella tyrrhena*, y el de Lundberg (2004) en acociles *Astacus astacus*, describen la acción de llevar o acarrear el sedimento con la ayuda de las quelas y el segundo par de pereiópodos, colocándolo fuera de la madriguera y apisonándolo. En este estudio se observó a los reculillas transportar una bolita de lodo con las quelas entrecruzadas y el segundo par de pereiópodos, fuera de la madriguera (TraBolSd); después es acomodada, haciendo presión con las quelas y el 2° par de pereiópodos (AcmBolSd), los animales colocaron las bolitas de sedimento alrededor de las madrigueras. Al observar cómo los organismos acomodaron la bolita de sedimento, consideramos que las chimeneas son diseñadas por ellos; ya que distribuyen las bolitas alrededor de la madriguera, formando una torre de sedimento con base en la disposición de éste, colocándolo fuera o alrededor de la madriguera, lo cual es un indicador de la actividad del acocil. Esto coincide con Williams *et al.*, (1974), quienes mencionan que la formación de chimeneas es un signo de actividad de excavación.

Las observaciones de Hasiotis (2006) indicaron que los organismos usaron las quelas y los pereiópodos para la excavación. Sin embargo, la falta de las quelas, no es impedimento para que el animal construya su madriguera; esto ya había sido informado por Trépanier *et al.*, (1999), quienes observaron a tres individuos que no tenían quelas y sin embargo, construyeron su madriguera. En el acocil *P. acanthophorus* se observaron individuos sin quelas que construyeron su madriguera.

La frecuencia y duración de las pautas de excavación

En este trabajo se observó que en la fase de la madriguera somera, de las siete pautas registradas, las de mayor frecuencia fueron: ReuSedQe, CucFanQe y ReuSedPe. Podemos decir que son estas tres pautas las básicas en la excavación de la madriguera somera.

En la fase madriguera profunda se observaron seis pautas; las de mayor frecuencia fueron: ExVvSaSd, SocDzSdH, TraBoISd y AcmBoISd. En esta fase la madriguera es simplemente un túnel vertical estrecho, la única manera de sacar el sedimento es expulsarlo hacia afuera.

Se asume que las hembras son más activas, esto se ve reflejado en las frecuencias, el promedio de duración de las pautas y en las secuencias. Una explicación posible de que la hembra presente más actividad es que las hembras tienen el trabajo de cuidar los huevos, por lo que necesitan la madriguera para protegerse. Huner (1991) y Mazlum *et al.*, (2000) comentan que el desarrollo y cuidado de los huevos de *Procambarus acutus acutus* es dentro de la madriguera. Ilhéu *et al.*, (2003) observaron en *Procambarus clarkii*, que hay más preferencia por las madrigueras que de los refugios (bajo las piedras, ralces de árboles), porque les brinda mayor protección las madrigueras. McClain *et al.*, (2005, 2007) comentan que todos los acociles maduros o inmaduros, machos o hembras, comienzan la excavación para refugiarse. En el caso de las hembras el que se retire dentro de las madrigueras para desovar, o bien, porque los individuos que recientemente nacieron son más vulnerables a la depredación, debido a que no reculan para su escape. En el presente estudio se observó que las madrigueras de las hembras fueron más profundas; sin embargo, se requiere de un estudio adicional en relación a las hembras. Se debe considerar que los individuos invierten tiempo en restaurar o modificar sus madrigueras. Podemos encontrar una diferencia estadísticamente significativa en las pautas SocDzSdH, TraBoISd.

Las secuencias del comportamiento de excavación

En el presente trabajo se pudo observar que las pautas de excavación no siempre siguen la misma secuencia entre las hembras y los machos. Con respecto a las secuencias de excavación en la fase madriguera somera, las hembras efectuaron cinco secuencias en comparación con los machos que presentaron dos de las cinco secuencias. Algunas de las secuencias del comportamiento de excavación de los recullas son parecidas a las reportadas por Palomar *et al.*, (2005) en el comportamiento de excavación del camarón *Alpheus macellarius*, y fueron: bulldoze—drop—retreat (empuja—bota—regresa) y sweep—excavate (barre —excava). La función de la primera es mover sedimento hacia otro sitio, que es

semejante a la de ReuSedPe—EmSedQeH en los reculillas y la de la segunda es formar una corriente para levantar sedimento que es parecido a la de la pauta aislada BomSdPIT en acociles.

Con respecto a la fase madriguera profunda, fue menos variable la secuencia, aquí se observó que los organismos ejecutaron tres secuencias por igual. Estas secuencias son similares a las descritas por Palomar *et al.*, (2005) con el camarón *Alpheus macellarius*, fueron: carry—drop—retreat (acarrea—bota—regresa), carry—tamp—retreat (acarrea—apisona—regresa), y en los de Stahuis *et al.*, (1996) con el camarón *Callinassa subterranea*, fueron: stir—lift—carry—drop—tamp—walk (agita—levanta—acarrea—bota—apisona—camina) y walk—stir—lift—carry—drop—tamp (camina—agita—levanta—acarrea—bota—apisona). La función de la primera secuencia es transportar sedimento fuera de la madriguera, que es semejante a la de DsPreSed—TraBotSd—AcmBolSd en los acociles y las de la segunda, tercera y cuarta secuencias fueron excavar, transportar y acomodar el sedimento que reúnen en la secuencia ExVvSaLo—TraBotSd—AcmBolSd del acocil.

Con relación a las secuencias, podemos decir que las pautas que conforman cada secuencia en cada fase se realizó en el mismo orden, considerando esto, Martín y Batenson (1986) a este tipo de análisis de secuencias las llamaron deterministas.

La conducta del aseo

Los reculillas despliegan la conducta de acicalamiento, debido a que durante el proceso del comportamiento de excavación se cubren de lodo, podemos decir que perturba el desempeño del animal en la excavación debido a que el sedimento que lo cubre se endurece haciendo que el cuerpo del acocil sea más pesado y el trabajo de excavación sea más lento.

Las observaciones obtenidas en este trabajo concuerdan con los trabajos de Panksepp y Huber (2004), Dworschak *et al.*, (2006), Lundberg (2004) y Palomar *et al.* (2005) quienes describen que los animales usan el 2° y 3° par de pereiópodos para la limpieza dorsal y con el 4° y 5° realizaron la limpieza ventral.

Las madrigueras

La información tanto bibliográfica como experimental, sugiere que las madrigueras comienzan con una depresión baja; a continuación el animal sigue excavando horizontal o verticalmente, mostrando una apertura que termina en una sola cámara o en túneles (Grow, 1980; Hasiotis *et al.*, 2006). Esto fue observado al comienzo de la construcción de la madriguera por los reculillas; comenzaron formando una madriguera somera. Estas observaciones coinciden con lo reportado por Grow (1980) y Palomar *et al.*, (2005) quienes registraron madrigueras en forma cóncava. Por otro lado, Gherardi y Barbaresi (2000) y

Hasiotis *et al.*, (2006), informaron que las madrigueras pueden ser horizontales y estar debajo de la tabla de agua.

Cabe señalar que en el presente estudio, las madrigueras fueron compartidas entre hembra y macho, nunca se observó a dos animales del mismo sexo compartir las madrigueras. Esto corrobora lo observado por Tarr (1884), Hobbs (1942), Grow (1982) Burras *et al.*, (1995), Hobbs y Whiteman (1991), Marçal y Ferreira (1995), Gherardi y Barbaresi (2000) y Huner (2002b), quienes también encontraron uno o dos individuos por madriguera. Williams (1975) comentó que los individuos construyen sus madrigueras relativamente sencillas con o sin chimeneas. Las madrigueras de los reculillas presentaron chimeneas, una posible función es como respiradero. Thomas (2007) comenta que las chimeneas ayudan en la aireación dentro de las madrigueras. Algunas chimeneas fueron selladas completamente, esto mismo lo observaron Schufeldt (1896), Harris (1903) y Bryant y Jackson (1999), quienes mencionan que los acociles son los que sellan las madrigueras o que forman chimeneas abiertas con una altura de 5-20 cm, en *P. acanthophorus* las chimeneas tuvieron una altura de 5 a 10 cm. Sin embargo, Berril y Chenoweth (1982), observaron que cuando el nivel del agua es bajo, los organismos sellan las madrigueras. Esta puede ser una medida para evitar la evaporación de agua o una forma de protegerse de sus depredadores.

Las madrigueras de los acociles *P. acanthophorus* presentaron un diámetro de 4-6 cm, en comparación con lo reportado por Hasiotis (1993), Hasiotis *et al.*, (2006) y Burras *et al.*, (1995) ellos informaron que el diámetro de las madrigueras de *Orconectes* y *Procambarus* fue de 10 a 12 cm. Cabe señalar que el tamaño de las madrigueras, esté relacionado con el tamaño de los individuos; en el presente estudio no se observó a organismos grandes ocupar una madriguera pequeña. Según Lim *et al.*, (2004) y McClain *et al.*, (2007) el tamaño de la madriguera depende en general, de la talla del organismo, Huner (1992) considera que el diámetro de la madriguera es proporcional a la talla del animal.

Otro factor que puede influir en la forma de la madriguera es el tipo de sedimento; se ha informado que los acociles construyen sus madrigueras en suelos compuestos con arena o grava (Grow, 1982; Hobbs y Whiteman, 1991; Burras *et al.*, 1995). Aunque, de acuerdo con Marçal y Ferreira (1995) y Grow (1982), se inclinan más por un suelo arcilloso para la construcción de éstas. El suelo donde naturalmente *P. acanthophorus* construye sus madrigueras y que, como ya se mencionó en el método, fue traído para los acuarios experimentales, está compuesto de arena 10.76%, limo 40.56% y arcilla 48.68% y se clasifica como limo-arcilloso (com. per. Gilberto Vela). Este material fino es fácilmente moldeable en estado húmedo, con lo cual se facilita la excavación y el transporte del sedimento.

Los acociles *P. acanthophorus* son excavadores secundarios, según la clasificación de Hobbs (1981), porque construyen madrigueras simples que alcanzan el nivel freático. En concordancia con la clasificación de Horwitz y Richardson (1986), las madrigueras excavadas por los reculillas pertenecen al tipo 2; madrigueras conectadas al manto freático. Según la clasificación de Welch y Eversole (2006), las madrigueras de los reculillas indican que éstos son excavadores secundarios, porque construyen sus madrigueras en presencia de agua en la superficie, y pertenece al tipo 2 porque sus madrigueras están

conectadas al manto freático. Rojas *et al.*, (1997) confirman que esta especie es excavador secundario. La mayoría de las madrigueras construidas por *P. acanthophorus* en laboratorio llegaron a la tabla de agua; ésta se mantuvo en el fondo del acuario con una altura de 5 cm. Conforme el agua se iba evaporando el animal continuaba la excavación; por momentos la actividad de excavación disminuye, pero después de que el nivel del agua descendía, nuevamente comenzaban a excavar.

Como se ha visto, un factor que influye en la construcción de las madrigueras es la presencia del agua. Al secarse el sedimento, éste se hace duro y al animal se le dificulta la excavación. Huner (2000), Lawrence (2001) y Ilhéu *et al.*, (2003), observaron en *Cherax aldidus*, *P. clarkii* y *P. zonangulus* que requieren agua en sus madrigueras para incubar los huevos, pero cada especie puede sobrevivir en las madrigueras con una alta humedad.

Sugerencias para aprovechamiento del reculilla.

El cultivo de los crustáceos es una actividad que en años recientes ha adquirido una gran importancia en nuestro país, podemos destacar principalmente el cultivo del camarón y langostino. Sin embargo hay que señalar que existen otras especies con potencial para la acuicultura como los Cambaridos (Huner y Bar, 1984). Una de las especies que destaca por su importancia económica es *Procambarus clarkii*, actualmente se cultiva y explota a nivel comercial en el estado de Lousiana, E.U. (McClain, *et al.*, 2005).

Las observaciones que se derivan en el presente estudio serían aplicables para el aprovechamiento del reculilla en su medio natural. Debido a que el comportamiento de excavación está asociado con sistemas acuáticos temporales; en temporada de secas los acociles construyen sus madrigueras para mantener la humedad, ésta adaptación es significativa para el establecimiento de su cultivo. Las pautas que realizan los acociles al construir las madrigueras producen una remoción del sedimento, aportando un cambio en los nutrientes y el oxígeno presente en el sedimento.

Con relación a las madrigueras, podemos ver que en un área de 15 m² se encontraron 15 madrigueras; éstas pueden estar cerca una de la otra, a una distancia de entre 20 y 30 cm. Esto dependerá de factores como profundidad del agua, cobertura de vegetación y textura del sustrato. Considerando la talla de los individuos y el área que se inunda, se podría sugerir 8 animales por m², en cada madriguera, por lo general son excavadas por un individuo, pero en ocasiones se puede encontrar a la pareja, se ha reportado que la reproducción tiene lugar dentro de las madrigueras, con la presencia de madrigueras se ha observado una disminución en cuanto a peleas entre organismos. Cuando las áreas se inundan a mediados de julio - agosto los organismos emergen de sus madrigueras y se pueden encontrar hembras con crías, con huevecillos y animales juveniles. Cuando los potreros se inundan los reculillas emergen y da comienzo la recolección de los animales, se sugiere que para mantener la población de estos individuos no se recolecten a las hembras con huevecillos y con crías.

Se sugieren estudios posteriores para determinar algunas características óptimas para el diseño de los estanques, la densidad de organismos en cada estanque y estudios de análisis económicos incluyendo costos de alimento y sobre los precios en el mercado del acocil. Se tiene una ventaja con los reculillas, es una especie endémica, no es introducida por lo que no alteramos el hábitat, los requerimientos de agua son bajos, en general los acociles no presentan estados larvales libres, debido a que todo el proceso de incubación ocurre en la parte baja del abdomen de la madre.

Algunos cultivos que han tenido éxito con acociles son: *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*. Villarreal *et al.*, (2006) mencionan algunas características de infraestructura para el cultivo de *Cherax quadricarinatus* empleando estanques rústicos de 2500m² (100 X 25 m), 1.5 m de profundidad, los estanque requieren de recambio de agua, aireación constante, fertilización y alimentación. La densidad para cada estanque obedecerá al tamaño de los organismos en el caso de *Cherax quadricarinatus*, es de 7 a 10 organismos por m². El tiempo para cosechar los estanques es de aproximadamente de 3 a 4 meses. No hay un tamaño estrictamente óptimo para los estanque de *Procambarus clarkii*, las medidas sugeridas son de 1000m² superficie y 1 m de profundidad.

CONCLUSIONES

Se observaron trece pautas desplegadas por el acocil *Procambarus acanthophorus* en su comportamiento de excavación; siete pautas en la fase de madriguera somera y seis pautas en la etapa de madriguera profunda. No se encontró algún registro previo en la literatura consultada, de las pautas 'cucharear el fango' (CucFanQe), 'reunir sedimento con las quelas' (ReuSedQe), 'reunir sedimento con los pereiópodos' (ReuSedPe) y 'desprender sedimento' (DsPreSed); queda pendiente la determinación de su presencia en otras especies.

Estas trece pautas fueron observadas tanto en las hembras como en los machos. Sin embargo, en comparación con los machos, las hembras tienden a realizar con mayor frecuencia y duración algunas de ellas; todavía no se tienen elementos como para involucrar al dimorfismo sexual en ello.

Con referencia a la función de los apéndices de *Procambarus acanthophorus*, en su conducta de excavación, las quelas fueron usadas para cucharear, reunir, desplazar, empujar, socavar, excavar, transportar y acomodar el sedimento; los pereiópodos para reunir, desprender, socavar, excavar, transportar y acomodar el sedimento, y los maxilípedos, pleópodos y el telson, para formar corrientes que levantaron pequeñas partículas de sedimento.

Con respecto a las secuencias que los organismos siguen para la construcción de su madriguera, en la fase madriguera somera se observaron cinco secuencias; los machos realizaron únicamente dos de éstas. En la fase de la madriguera profunda se registraron tres secuencias en ambos sexos.

Algunas madrigueras exhibieron chimeneas selladas o con una pequeña abertura. Otras estaban abiertas sin presencia de chimeneas. En cada madriguera se encontró a un individuo o bien a una pareja. Las formas de madriguera que se observaron fueron "J" o "C".

Este trabajo puede servir de base para realizar investigaciones sobre el cuidado y mantenimiento de los recuillos *Procambarus acanthophorus* y los potreros donde viven. Si consideramos que en nuestro país el consumo en general de productos acuáticos es bajo y hay una gran competencia en el mercado, se requiere de propaganda para incrementar el consumo de estos organismos, así como de una diversificación de su mercado y presentación, con la necesaria incorporación del valor agregado correspondiente. Podría competir con las otras especies de acociles en los mercados internacionales, sobre todo si se considera que, hasta el momento, su producción es netamente orgánica; actualmente característica singular entre éstas.

LITERATURA CITADA

- Abbott, C.C. 1884. Are the "chimneys" of burrowing crayfish desing? **American Naturalist**, 18: 1157-1158.
- Abbott, C.C. 1885. How the burrowing crayfish works. **Inland Monthly**, 1:31-32.
- Ackefors, H.E.G. 2000. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. **Fish and Fisheries**, 1:337-359.
- Angeler, G.D., Sánchez-Carrillo, S., García, G. and Alvarez-Cobelas, M. 2001. The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapada) on water quality and sediment characteristics in Spanish floodplain wetland. **Hydrobiologia**, 464:89-98.
- Atkinson, J.R. & Taylor, C.A. 1988. Physiological ecology of burrowing behaviour decapods. En A.A. Fincham y P.S. Rainbow (Ed.). **Aspects of Decapod Crustacean Biology**. Oxford: Clarendon Press (Symposium of the Zoological Society of London) 59:201-226.
- Berril, M. & Chenoweth, B. 1982. The burrowing ability of nonburrowing crayfish. **American Midland Naturalist**, 108:199-201.
- Bryant, C. & Jackson, R. 1999. Threatened species freshwater burrowing crayfish. **Tasmania's Threatened Fauna Handbook**, Parks & Wildlife Service. www.parks.tas.gov.au.
- Burras, L., Blakewood, G., Richard, T. & Huner, V.J. 1995. Laboratory observations on burrowing in different soils by commercially important *Procambarus* crayfish. **Freshwater Crayfish**, 10: 427-434.
- Cope, E.D. 1872. On the Wyandotte cave and its fauna. **American Naturalist**, 6:406-422.
- Chen, X. & Edgerton, B.F. 2001. Freshwater crayfish culture in China. **Aquaculture Magazine**, 27(6):41-44.
- Derby, D.C. & Atema, J. 1982. The function of chemo- and mechanoreceptors in lobster (*Homarus americanus*) feeding behaviour. **Journal Experimental Biology**, 98: 317-327.
- Dworschak, C. P., Koller, H. and Abed-Navandi, D. 2006. Burrow structure, burrowing and feeding behaviour of *Corallianassa longiventris* and *Pestarella*

tyrrhena (Crustacea, Thalassinidea, Callinassidae). **Marine Biology**, 148:(6): 1369-1382.

FAO/ LATINFOODS. 2002. **Tabla de composición de alimentos de América Latina**. <http://www.rcl.fao.org/bases/alimento>.

García, E. 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen** (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Quinta Edición. Offset Larios. México D. F., pp. 217.

Gherardi, F. and Barbaresi, S. 2000. Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadalquivir (Spain). **Archiv für Hydrobiologie**. 150(1): 153-168.

Gherardi, F. 2002. Behaviour. En Holdich, M. D. (Ed.), **Biology of Freshwater Crayfish**, Ed. Blackwell Science, Oxford. pp. 258-281.

Girard, C. 1852. A revision of the North American Astaci, with observations on their habits and geographical distribution. **Proceedings of Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, 6: 87-91.

Goddard, J.S. 1988. Food and Feeding. En Holdich, M. D. and Lowery, S.R. (Ed.), **Freshwater crayfish biology, management and exploitation**. Ed. Croom Helm, London. pp.145-166.

Goodman, J.D. 1842. Rambles of the a naturalist. **American Natural History**, 2:293.

Grow, L. and Merchant, H., 1980. The burrows habitat of the crayfish, *Cambarus diogenes diogenes* (Girard). **The American Midland Naturalist**, 103 (2):231-237.

Grow, L. 1981. Burrowing behaviour in the crayfish, *Cambarus diogenes diogenes* Girard. **Animal Behaviour**, 29:351-356.

Grow, L. 1982. Burrowing/soil-texture relationships in the crayfish, *Cambarus diogenes diogenes* Girard (Decapoda, Astacidae). **Crustaceana**,42 (2): 150-157.

Harris, J. A. 1903. The habits of *Cambarus*. **American Naturalist**, 37: 601-608.

Hasiotis, T. S. 1993a. Evaluation of the burrowing behaviour of stream and pond dwelling species of *Orconectes* in the Front Range of Boulder, Colorado USA: their ethological and geological implications. **Freshwater Crayfish**, 9: 399-406.

Hasiotis, T. S. 1993b. 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.

Hasiotis, T. S. and Bourke, M.C. 2006. Continental trace fossils and Museum exhibits: displaying organism behaviour frozen in time. **Geological Curators**, 8(5): 211-226.

Hobbs H.H.Jr. 1942. A Generic Revision of the Crayfish of the Subfamily Cambarinae (Decapoda, Astacidae) with the Description of a New Genus and Species. **The American Midland Naturalist**, 28(2): 334-357.

Hobbs, H. H. 1981. The crayfishes of Georgia. **Smithsonian Contribution to Zoology**, 318: 1-549.

Hobbs HH III and Rewolinski, S.A. 1985. Notes on the burrowing crayfish *Procambarus* (Girardiella) *Gracilis* (Bundy) (Decapoda, Cambaridae) from southeastern Wisconsin, U.S.A. **Crustaceana**, 48 (1): 26-33.

Hobbs Jr, H. H. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. pp: 52-82. In D. M. Holdich and R. S. Lowery (Ed.). **Freshwater crayfish: biology, management and exploitation**. Croom Helm, London.

Hobbs, H.H. III, Pass, J.P. and Huner, J.V. 1989. A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). **Crustaceana**, 56:299-316.

Hobbs, H. H. and Whiteman, M. 1991. Notes on the burrows, behaviour, and color of the crayfish *Fallicambarus* (F.) *devastator* (Decapoda: (Cambaridae). **The Southwestern Naturalist**, 23:127-135.

Horwitz, P. H. J. 1985. Aspect of the life history of the burrowing freshwater crayfish *Engaeus leptorhynchus* at Rattrays Marsh, northeast Tasmania. **Tasmanian Naturalist**, 82:1-5.

Horwitz, P. H. J., and Richardson, A. M. M. 1986. An ecological classification of the burrows of Australian freshwater crayfish. **Australian Journal Marine and Freshwater Research**, 37:237-242.

Huner, J.V. 1992. Significance of burrows in crawfish management. **Aquaculture Magazine**. January/February, 6-10.

Huner, J.V. 1994. Cultivation of freshwater crayfishes in North America: Freshwater crayfish culture. En Huner, J.V. (Ed). **Freshwater crayfish aquaculture in North America, Europe, and Australia**. Food Products Press, pp.291.

Huner, J.V. 2000. Burrows of red swamp crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), and white river crawfish, *Procambarus zonangulus*. Hobbs and Hobbs,

1991. Abstract **Proceedings 13th IAA Symposium**, Fremantle, Western Australia, Australia.

Huner, J.V. 2002a. *Procambarus*. En D.M. Holdich (Ed). **Biology of Freshwater Crayfish**. Blackwell Science, pp. 702.

Huner, J.V. 2002b. A brief description of the burrows of the commercial procambarid crayfishes in Louisiana research and demonstration ponds. **Freshwater Crayfish**. 13: 247-252.

Huner, J.V. and Lindqvist, O.V. 1995. Physiological adaptations of freshwater crayfish that permit successful aquacultural enterprises. **American zoology**. 35:12-19.

Huxley, T.H. 1880. **The Crayfish: an introduction to the study of Zoology**. The Mit Press Cambridge.

Ilhéu, M. Acquistapace, P., Benvenuto, C. and Gherardi, F. 2003. Shelter use of the red-swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) in dry-season stream pools. **Archiv für Hydrobiologie**. 157(4):535-546.

Krasne F. B. and Edwards, D.H. 2002. Modulations of the crayfish escape reflex-physiology and neuroethology. **Integrative and Comparative Biology**, 42:705-715.

Ladewig, K.F. and Schaer, S.L. 1993. Crawfish: A Healthy Choice!. **Southern Regional Aquaculture Center**. No. 243. (September).

Lawrence, C.S. 2001. Morphology and incidence of yabby (*Cherax albidus*) burrows in Western Australia. **Fisheries Research Report** No. 19. Marine Research Laboratories. pp. 26.

Lenher, P. 1996. **Handbook of Ethological Methods**. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 672 pp.

Lorán-Núñez, R. M. y Martínez-Isunza, F. R. 2002. Pesquería de cangrejo y acocil. En Guzmán-Amaya P., Quiroga-Brahms, C., Díaz-Luna C., Fuentes-Castellanos D., Contreras C. M. y Silvia-López G. (Ed.). **La pesca en Veracruz**. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana, México, D.F., pp. 207-210.

Lim, L. S. S. and Diong, H. C. 2004. Burrow-morphological characters of the fiddler crab, *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1873) and ecological correlates in lagoonal beach on Pulau Hantu, Singapore. **Crustaceana** 76(9):1055-1069.

LSU AgCenter 2002. Enjoy Louisiana Crawfish. www.lsuagcenter.com/en/our_offices/parishes/rapides/Features/fes/recipes.

- Lundberg, U. 2004. Behavioural elements of the noble crayfish *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758). **Crustaceana**, 77(2): 137-162.
- Lutz, C.G. and Wolters, R.W. 2007. The effect of stocking densities on growth and yield of red swamp crawfish *Procambarus clarkii*. **Journal of World Aquaculture Society**, 17(1-4):33-36.
- MacManus, R.L. 1960. An occurrence of chimney construction by the crayfish *Cambarus b. bartoni*. **Ecology**, 41: 383-384.
- Marçal Correia, A. and Ferreira, O. 1995. Burrowing behaviour of the introduced red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Portugal. **Journal of Crustacean Biology**, 15(2):248-257.
- Martin, P. and Bateson, P. 1986. **Measuring behaviour an introductory guide**. Cambridge University Press, pp.196.
- Mazlum, Y. and Eversole, A.G. 2000. Effects of flooding dates on populations dynamics in South Carolina Pond. **Journal Applied Aquaculture**. 10:17-28.
- McClain, W.R. and Romaine, R.P. 2007. Procambroid Crawfish: Life history and biology. **Southern Regional Aquaculture Center (SRAC)**, No. 2403: 1-6.
- McClain, W.R. Romaine, R.P., Lutz, C.G. and Shirley, M.G. 2005. **Louisiana crawfish production manual**. LSU AgCenter Research & Extension. 58pp.
- Norrocky, M.J. 1991. Observations on the ecology, reproduction and growth of the burrowing crayfish *Fallicambarus* (Creaserinus) *fodiens* (Decapoda:Cambaridae) in north-central Ohio. **The American Midland Naturalist**, 125:75-86.
- Ortmann, A. E. 1905. The crawfishes of Western Pennsylvania. **Annals of the Carnegie Museum**. 3(2):387-406.
- Ortmann, A. E. 1906. The crawfishes of the state of Pennsylvania. **Memoirs of the Carnegie Museum**, 2:343-523.
- O' Sullivan, D.C.J. and Fielder, D. 2003. Freshwater Crustaceans. 420-436 p. In Lucas, JS and Southgates, (Ed.) **Aquaculture: Farming aquatic animals and plants**, Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Palomar, N. E., Juinio-Meñez, M. A. and Karplus, I. 2005. Behavior of the burrowing shrimp *Alpheus macellarius* in varying gravel substrate conditions. **Journal of Ethology**. 23(2):173-180.
- Panksepp, B.J. and Huber, H. 2004. Ethological analyses of crayfish behavior: a new invertebrate system for measuring the rewarding properties of psychostimulants. **Behavioural Brain Research**, 153: 171-180.

Payette, L.A. and McGaw, J.I. 2003. Thermoregulatory behavior of crayfish *Procambarus clarkia* in a burrow environment. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**. 136:539-556.

Punzalan, D., Cornel-Guiasu, R., Belchior, D., and Dunham, D. 2001. Discrimination of conspecific-built chimneys from human-built ones by the burrowing crayfish, *Fallicambarus fondiens* (Decapoda, Cambaridae). **Invertebrate Biology**, 12(1):58-66.

Redmen, M. 2000. **Grassland crayfish: Burrowing deep**, www.chicagowildernessmag.org/issues/sumer2000/crayfish.html.

Richardson, A.M.M. 1983. The effect of the burrows of a crayfish on the respiration of the surrounding soil. **Soil Biology Biochemistry**, 15 (3): 239-242.

Rojas, Y., Álvarez, F. y Villalobos, J.L. 1997. Cambaridae. En: González-Soriano, E. Dirzo, R. y Vogt, C. R. (Ed.), **Historia Natural de los Tuxtlas**. UNAM. México. pp. 405-409.

Say, T. 1817. An Account of the crustacea of the United States. **Journal of the Academy of Natural Science of the Philadelphia**, 1:165-169.

Schufeldt, R. W. 1896. The chimneys of burrowing crayfish. **The Observer**, 7:85-89.

Signoret, M., V-Pale, J.A., Torres-Corona, N.C. y Yépez, G. 2005. **Producción de pulpa de reculillas en la Mixtequilla, Veracruz, México**. www.uv.mx/CITRO/reunion/C3htm

Stamhuis, J.E., Reede-Dekker, T., Etten, Y., de Wiljes, J.J. and Videler, J.J. 1996. Behaviour and time allocation of the burrowing shrimp *Callinassa subterranea* (Decapoda, Thalassinidea). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 204: 225-239.

Stamhuis, J.E. and Videler, J.J. 1998. Burrow ventilation in the tube-dwelling shrimp *Callinassa subterranea* (Decapoda: Thalassinidea), II. The Flow in the vicinity of the shrimp and the energetic advantages of laminar non-pulsating ventilation current. **Journal of Experimental Biology**, 201:2151-2158.

Tarr, S. R. 1884. Habits of burrowing crayfishes in the United States. **Nature**, 30(726):127-128.

Thomas, B. 2007. Why do they build chimneys?. **Louisiana Levant Magazine**. Summer 1:14.

Trépanier, L.T. and Dunham, W. D. 1999. Burrowing and chimney building by juvenile burrowing crayfish *Fallicambarus fodiens* (Cottle,1863) (Decapoda, Cambaridae). **Crustaceana**, 72(4):435-442.

Trevor, S. M, and Belinda J. R. 2005. Association between burrow densities of two Australian freshwater crayfish (*Engaeus senicatus* and *Geocharax gracilis*: Parastacidae) and four riparian land uses. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 16(2):181-191

Villalobos, F. A. 1948. Estudio de los Cambaridos Mexicanos VII. Descripción de una nueva especie del genero *Procambarus*, *Procambarus acanthophorus* n sp. **Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México**, 19(1): 175-182.

Villalobos, F. A. 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea, Decapada),. **Tesis**, Facultad de Ciencias. UNAM. 290 pp.

Villalobos, H. J.L., Díaz-Barriga, C. A. y Lira, F. E.1993. Los crustáceos de agua dulce de México. **Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural**, pp. 323-346.

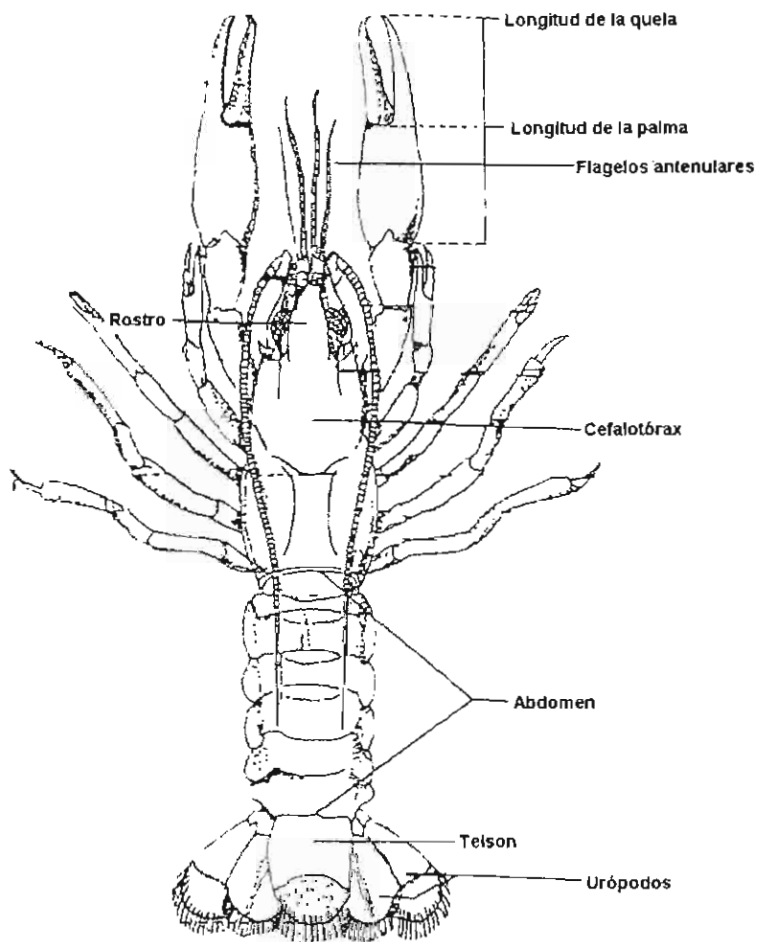
Villareal, C. H. y Naranjo, P. J. 2005. Cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* "Redclaw". **Industria acuicola**, 1:28-33.

Welch, S.M. and Eversole, A.G. 2006. An ecological classification of burrowing crayfish based on habitat affinities. **Freshwater Crayfish**, 15: 155-161.

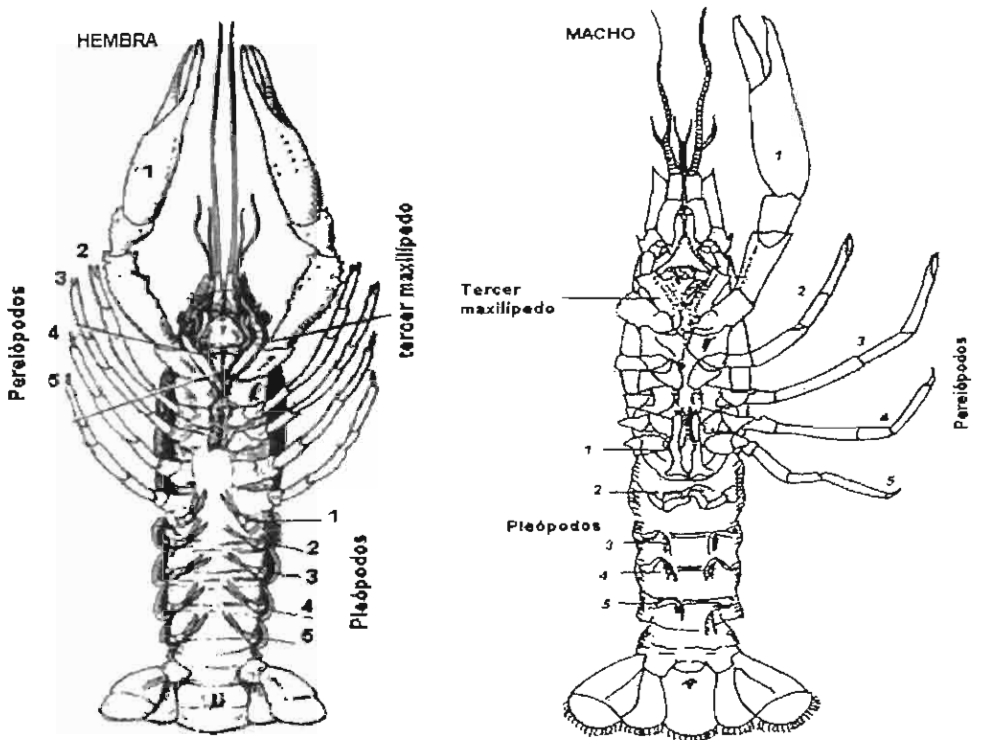
Williams, D.D., Williams, N. E. and Hynes, H.B.N. 1974. Observations on the life history and burrow construction of the crayfish *Cambarus fodiens* (Cottle) in a temporary stream in southern Ontario. **Canadian Journal Zoology**, 52: 365-370.

Williams A.H. II. 1975. Behavioural components of social interactions in the crayfish. **Proceedings of the Oklahoma Academic of Science**, 55:1-5.

ANEXOS



Anexo 1. Apéndices del acocil (Villalobos, 1955).



Anexo 2. Vista ventral de la hembra y el macho (modificación de Hobbs, 1972)

Anexo 3. Hoja de registro

No. de Acuario: _____ No. de animal: _____ Sexo _____

Fecha: _____ Hora inicial: _____ Hora final: _____

Tiem. (min)	CucFan Qe	ReuSed Qe	ReuSed Pe	EmSed QeH	DzSed PQe	GenCor Mx	DsPre Sed	SocDz SdH	ExVvSa Sd	SocSd PIT	BomSd PIT	TraBol Sd	AcmBol Sd
0-1													
1-2													
2-3													
3-4													
4-5													
5-6													
6-7													
7-8													
8-9													
9-10													
...													
...													
49-50													
50-51													
51-52													
52-53													
53-54													
54-55													
55-56													
56-57													
57-58													
58-59													
59-60													

ANEXO 4

Catálogo de pautas de comportamiento de excavación del acocil bajo condiciones de laboratorio

A continuación se describen las 13 pautas del comportamiento de excavación del acocil, que se observaron bajo condiciones de laboratorio.

Pauta No. 1.

Nombre de la pauta: Cucharea el fango con la quela

Código: CucFanQe

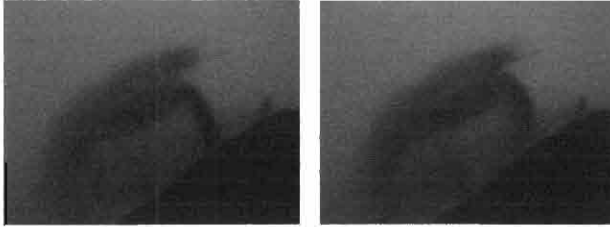


Definición: El acocil introduce en el fango una de las quelas con los dedos abiertos; con la presión se afloja el fango. Al levantar la quela, lleva todo sobre la palma y lo deposita en otro lado. Con los movimientos de la quela se generan corrientes que arrastran el sedimento.

Pauta No.2.

Nombre de la pauta: Reúne sedimento con las quelas

Código: ReuSedQe

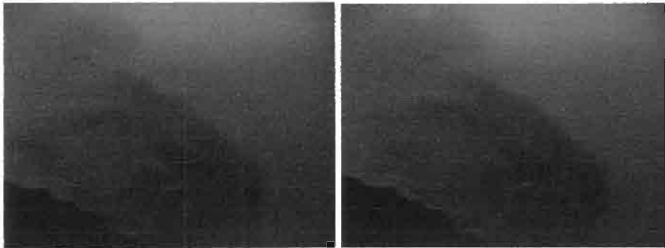


Definición: Con movimientos de una de las quelas, de afuera hacia dentro, el acocil junta el sedimento bajo su cefalotórax; después de un tiempo cambia de quela.

Pauta No.3.

Nombre de la pauta: Reúne sedimento con los pereiópodos

Código: ReuSedPe

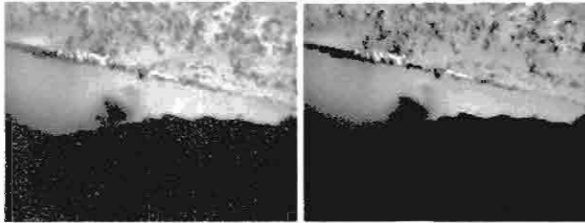


Definición: Con movimientos simultáneos de los pereiópodos del 2° o 3° par, de afuera hacia dentro, el acocil junta sedimento bajo su cefalotórax.

Pauta No. 4.

Nombre de la pauta: Empuja sedimento con la quela en posición horizontal

Código: EmSedQeH

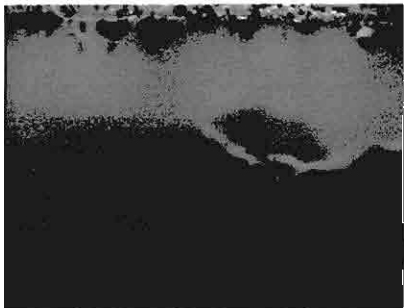


Definición: Caminando, con la quela extendida en posición horizontal (propodio) frente al cefalotórax y ligeramente enterrada, el acocil mueve el sedimento hacia otro sitio.

Pauta No.5.

Nombre de la pauta: Desplaza sedimento con la punta de la quela

Código: DzSedPQe



Definición: Mientras camina, el acocil empuja el sedimento hacia un lado con la punta de la quela.

Pauta No.6.

Nombre de la pauta: Genera corrientes con los maxilípedos

Código: GenCorMx



Definición: Agitando vigorosamente los maxilípedos; el acocil crea una corriente con la que levanta una nube de sedimento.

Pauta No.7.

Nombre de la pauta: Bombea sedimento con los pleópodos y el telson.

Código: BomSdPLT



Definición: El acocil levanta la parte del abdomen y abanica vigorosamente los pleópodos, formando un flujo con el que se desplazan partículas de sedimento hacia atrás.

Pauta No.8.

Nombre de la pauta: Desprende sedimento

Código: DsPreSed

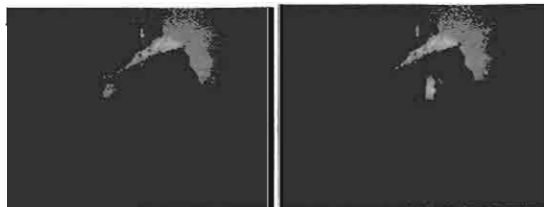


Definición: Con las quelas y los pereiópodos, el acocil separa partículas de sedimento de las paredes o del techo del túnel.

Pauta No.9.

Nombre de la pauta: Socava y desplaza sedimento en posición horizontal

Código: SocDzSdH

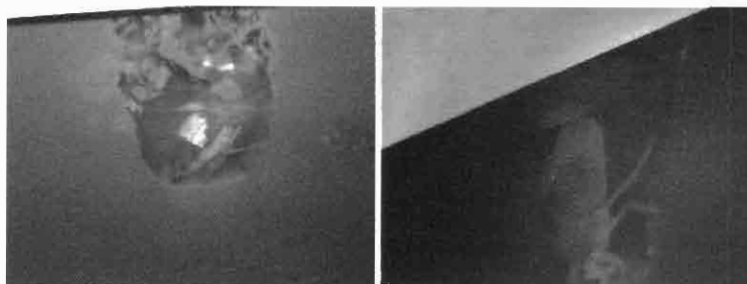


Definición: El acocil, en posición horizontal, excava con las quelas y los pereiópodos. Saca el sedimento presionando a éste con las quelas y el 2° par de pereiópodos hacia la parte ventral del cefalotórax. Con el 3° y 4° par de pereiópodos, se apoya para salir de la madriguera. Estos movimientos también generan corrientes que arrastran sedimento.

Pauta No. 10.

Nombre de la pauta: Excava en posición vertical y se voltea para sacar el sedimento

Código: ExVvSaSd



Definición: El acocil, en posición vertical y boca abajo, introduce las quelas y el 2° par de pereiópodos y cava con ellas. Con el telson cerrado se impulsa para levantarse, con las quelas y los pereiópodos lleva una bolita de sedimento que apoya contra su cuerpo a la altura de los maxilípedos. El animal realiza un giro en su propio eje y con los pereiópodos se desplaza hacia fuera del túnel.

Pauta No. 11.

Nombre de la pauta: Socava sedimento con el telson y los pleópodos

Código: SocSdPIT



Definición: Cuando el lodo no está muy compactado, el acocil abanica rápidamente su telson y pleópodos con lo cual genera corrientes con las que se levantan partículas de sedimento.

Pauta No. 12.

Nombre de la pauta: Transporta una bolita de sedimento.

Código: TraBolSd

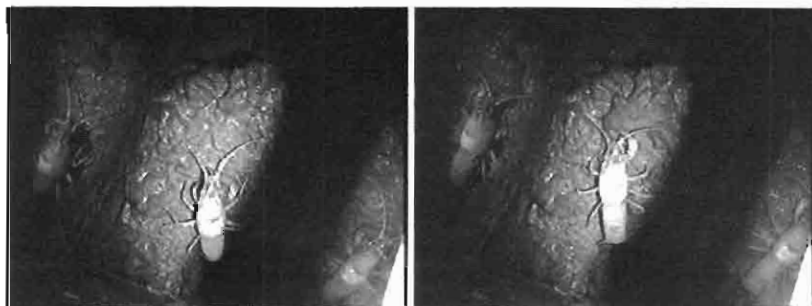


Definición: Sobre las quelas entrecruzadas y extendidas hacia el frente, el acócil acarrea una bolita de sedimento que va sosteniendo por los lados con el 2° par de pereiópodos. El animal se desplaza verticalmente sobre las paredes del túnel con los tres últimos pares de pereiópodos.

Pauta No. 13.

Nombre de la pauta: Acomoda la bolita de sedimento

Código: AcmBoISd



Definición: El acocil deposita la bolita de sedimento alrededor de la entrada a la madriguera o más lejos. Si es en el contorno, con las quelas, el 2° y el 3° par de pereiópodos la ordena junto o sobre otras; así el animal construye la chimenea o cierra su madriguera. Cuando el acocil deposita las bolitas lejos de la entrada, no forma una chimenea.

También se pudo observar el comportamiento de acicalamiento de los acociles. Conforme estos organismos excavaron, se cubrieron de sedimento. A continuación se describe la pauta de limpieza de los apéndices.

Nombre de la pauta: Acicalamiento

Código: Limpieza



Limpieza de pereiópodos



Limpieza de quela



Limpieza de rostro



Limpieza del abdomen



Limpieza de los maxilípedos



Limpieza de los pleópodos



Definición: El acocil se retira el lodo de la parte superior del cefalotórax y las antenas, con el 2°, 3° y 4° par de pereiópodos; los maxilípedos y las quelas, con el 2° y 3° par; el abdomen y los pleópodos, con el 4° y 5° par y los pereiópodos con las quelas.