

### 3. Introducción

El grupo de los camarones peneidos incluye una gran cantidad de especies de importancia económica tanto de los trópicos como en los subtrópicos. Muchas de estas especies son indispensables dentro de las cadenas tróficas de los océanos, ya que constituyen una fuente de alimento para otras que a la vez que forman eslabones importantes en la transferencia de materia y energía en estos sistemas.

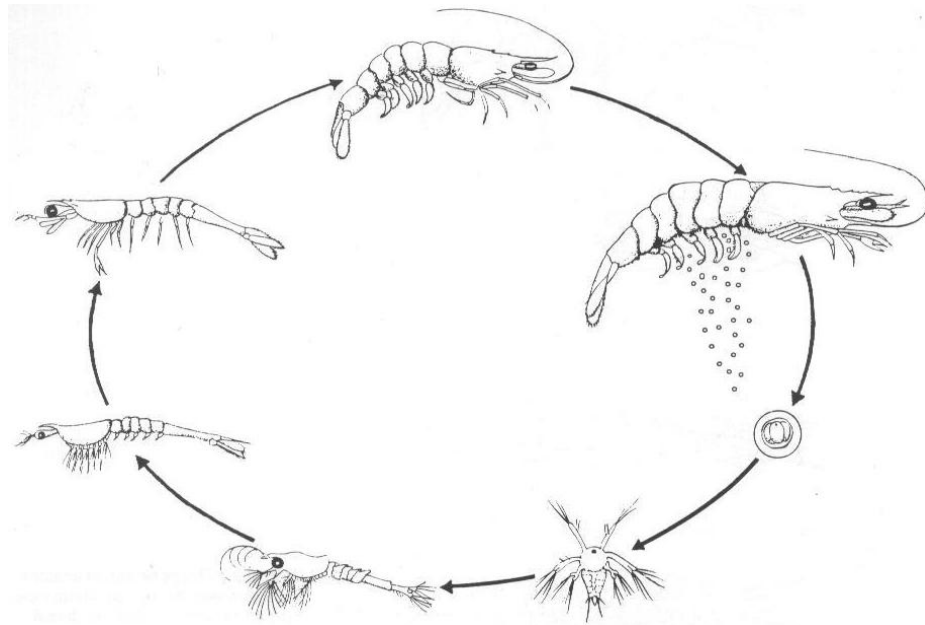
Los peneidos están constituidos por dos superfamilias: los Penaeoidea con las familias Aristeidae, Benthesicymidae, Penaeidae, Sicyoniidae y Solenoceridae. La otra superfamilia Sergestoidea, está integrada por las familias Luciferidae y Sergestidae. Los géneros de cada familia se encuentran enlistados en el anexo 1. Recientemente, cinco subgéneros de la familia Penaeidae subieron a un nivel genérico: *Farfantepenaeus*, *Fenneropenaeus*, *Marsupenaeus*, *Melicertus* y *Litopenaeus*. A este último género pertenece *Litopenaeus setiferus* (Pérez y Kensley, 1997).

La primera referencia del camarón blanco del Golfo fue en 1759 por Seba como *Astacus fluviatilis americanus*. Poco tiempo después en 1767 como *Cancer setiferus* por Linneo. Ese mismo año, Linneo cambió el género a *Penaeus setiferus*. Como se mencionó anteriormente, el género *Penaeus* se modificó a *Litopenaeus* por Pérez Farfante en 1969 (Pérez y Kensley, 1997).

#### 3.1 Ciclos de Vida y Hábitat

El ciclo de vida de los peneidos está dividido en seis fases: embrión, larva, juvenil, adolescente, sub-adulto y adulto (Figura 1) Estos organismos liberan sus huevos

directamente al mar. El estado larvario es planctónico y ocurre en cerca de la costa. La etapa juvenil temprana tradicionalmente es conocida como postlarva. En esta etapa el cuerpo del camarón es transparente, con venas cafés o negras que van del flagelo antenular hacia el telson (Kong y Williams, 1988).



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Litopenaeus setiferus*.

*L. setiferus* habita fondos limosos o fango-arenosos y en general en substratos terrígenos con una gran cantidad de material orgánico. Su reproducción se lleva a cabo en el mar y las larvas se dispersan en el ambiente pelágico, las postlarvas adquieren hábito bentónico e ingresan a los esteros y lagunas costeras. Después los juveniles emigran al mar donde se convierten en adultos. La especie prefiere aguas poco profundas hasta con una profundidad de 90 metros (Secretaría de Agricultura, 2004).

Para que alcancen la etapa juvenil, los organismos de esta especie requieren una menor salinidad al igual que aguas protegidas que le proporcionan los esteros. El ingreso de los

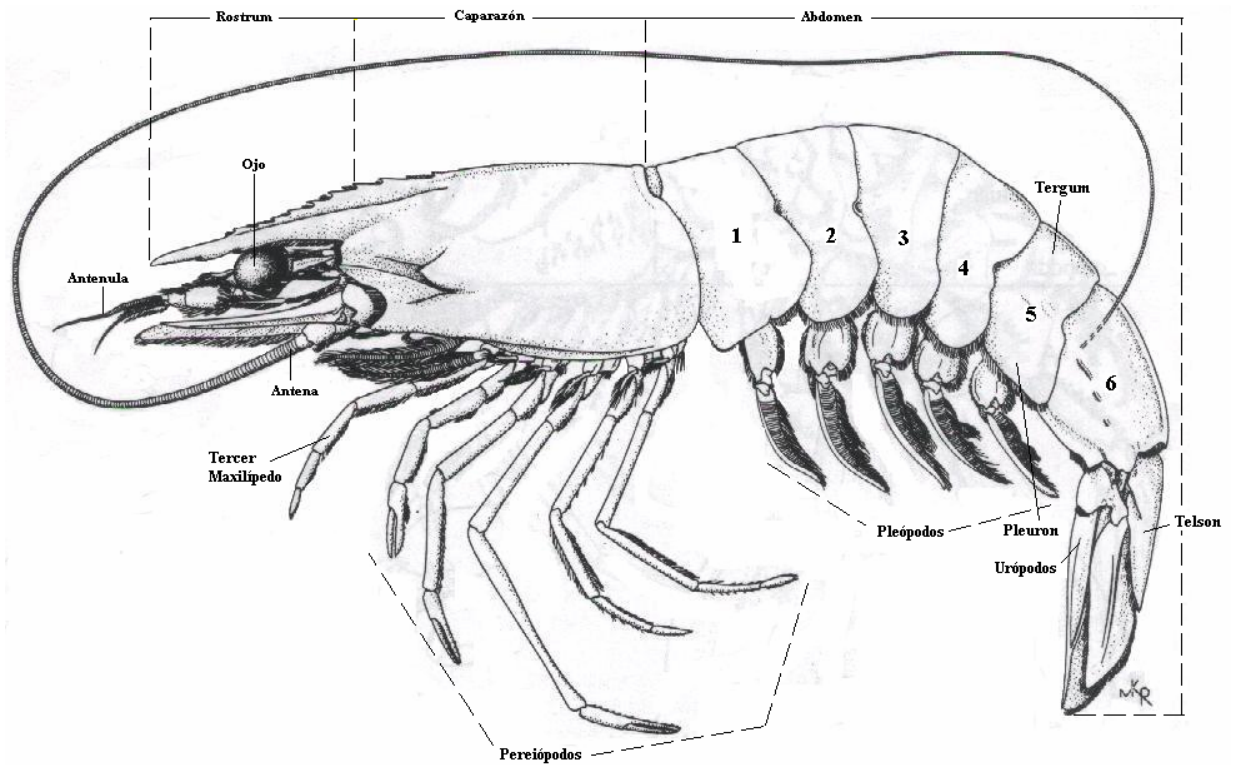
reproductores ocurre a los seis o siete meses de edad y presentan una longitud total promedio de 140 mm. Las hembras se presentan totalmente maduras de abril a mayo y se producen dos picos de reproducción, uno en primavera (abril-mayo) y uno en verano (agosto) (Secretaría de Agricultura, 2004).

### **3.2 Anatomía**

El cuerpo de un camarón está dividido en dos partes, el caparazón, que es el escudo sobre el cefalotórax y el abdomen (Figura 2). El caparazón es conocido como la cabeza y el abdomen como la cola. El caparazón contiene la cabeza y los órganos vitales, incluyendo el estómago. La cresta en lo alto de la cabeza y el *rostrum* que en muchas especies se extiende por delante de la cabeza son estructuras muy importantes para distinguir especies. El abdomen está dividido en seis segmentos, el último segmento termina en una estructura puntiaguda llamada *telson*.

La frecuencia de muda del exoesqueleto varía entre las especies, el tamaño y la edad. Sin embargo los camarones jóvenes mudan dos o tres veces al día, mientras que los juveniles dependiendo de la temperatura en un intervalo de 3-25 días. Los adultos mudan una vez cada uno o dos años (Wickins 2002)

En *L. setiferus* los sexos están separados. Esta especie es muy similar a *L. vannamei*, y pueden ser distinguidas por la diferencia en la forma de los genitales. Por su gran variedad de colores, es también confundido con los camarones cafés (*L. aztecus*), sin embargo el camarón café tiene un surco ancho en el último segmento de la cola (Dore y Frimodt, 1987).



**Figura 2.** Anatomía de *Litopenaeus setiferus*.

### 3.3 Distribución

*L. setiferus* puede ser encontrado a lo largo de la costa Atlántica de Estados Unidos, desde Nueva Jersey hasta Florida y a lo largo de todo el Golfo de México. Muy pocos son encontrados al norte de Carolina. Existe una mayor abundancia en las costas del Golfo. Es decir, se puede encontrar esta especie de camarón desde el sur de Nueva York hasta la Península de Yucatán (Figura 3) (Dore y Frimodt, 1987, Pérez y Kensley, 1997).



**Figura 3.** Distribución de *Litopenaeus setiferus* a lo largo de la costa este del continente americano.

En México, el camarón blanco se encuentra con mayor abundancia en la Laguna de Términos y Campeche, pero de también se encuentra en cantidades elevadas en áreas de Tabasco como Chiltepec y la desembocadura de los ríos Grijalva y San Pedro (Secretaría de Agricultura, 2004).

### **3.4 Importancia**

Los camarones peneidos en el Golfo de México juegan un papel importante como especie presa para una gran variedad de peces comerciales como la perca Atlántica, la perca plateada, lenguado sureño, trucha arenera, trucha manchada, y el pez lagarto (Pérez y Kensley, 1999).

Las familias Penaeidae y Sicyoniidae contienen la mayor cantidad de especies capturadas comercialmente alrededor del mundo. El camarón blanco es una de las

especies más importante económicamente. En Estados Unidos el camarón blanco es un marcador estándar para comparar otras especies de camarones importados. Su carne es suave, firme y con un sabor agradable. Cuando es cocinada presenta un color rosado uniforme (Dore y Frimodt, 1987).

En México las poblaciones del camarón blanco del Golfo se encontraban en un estado de sobreexplotación debido a la pesquería secuencial y a la variedad de artes de pesca utilizados para su captura. Del mismo modo su ciclo natural de renovación se vio alterado por la pesca de reclutas y por la captura de reproductores por lo que se implementaron vedas con el objetivo de contribuir a la conservación de las poblaciones y favorecer a la pesca. El camarón blanco se explota con barcos y con lanchas de arrastre (Secretaría de Agricultura, 2004).

### **3.5 Escapes**

Las defensas que presentan las presas contra los depredadores se pueden dividir en dos tipos. Las defensas primarias que están siempre presentes en los organismos (morfológicas) y las defensas secundarias que aparecen cuando se presenta el depredador como aumentar el tamaño del cuerpo o escapar (Neil, com. per.).

Dentro de estos mecanismos de defensa, los de carácter morfológico incluyen las púas del puercoespín, el caparazón de las tortugas o coloraciones de advertencia. De igual forma pueden ocultarse de sus depredadores confundiendo con el entorno. También pueden presentar adaptaciones fisiológicas como glándulas. El comportamiento es de igual forma un mecanismo de defensa. Los animales escapan de los depredadores

corriendo o formando grupos donde se reduce la probabilidad de que un depredador tome por sorpresa a uno de los miembros del grupo (Ville, *et al*, 1998, Neil, *com. per.*).

Los animales evitan a los depredadores usando refugios en donde son menos vulnerables a ser capturados, tal como lo hace la marmota corriendo hacia una madriguera cuando escapa de un depredador. Sin embargo al salir a alimentarse o realizar otras actividades abandonan esta protección. La distancia de reacción hacia el refugio depende de la posición relativa tanto del depredador como del refugio (Kramer y Bonenfant, 1996).

Otro tipo de comportamiento es evitar que el depredador lance algún tipo de ataque por medio de la disminución de la actividad, cambiando su posición o ocultándose durante un tiempo en su refugio (Neil, *com. per.*).

Si el depredador localiza a una presa individual y lanza un intento para capturarla, la presa realiza diferentes mecanismos de evasión. La evasión incluye movimientos rápidos de último minuto. Estos movimientos tienen el objetivo de prolongar el encuentro hasta convertirlo en un gasto excesivo de energía por parte del depredador y así poder escapar. La presa utiliza la rapidez de la respuesta, la dirección (ángulo de escape), la impredecibilidad y el tiempo (ya que si la presa reacciona temprano el depredador puede ajustar su ataque y por el contrario si reacciona tarde sería capturada) (Neil y Ansell, 1995). Estos mecanismos pueden variar entre diferentes depredadores.

### **3.6 Estudio e importancia de las trayectorias de escape**

La respuesta de escape de un animal tiene como objetivo disminuir la probabilidad de captura por parte de un depredador potencial. La etapa inicial del escape resulta en un movimiento evasivo que mueva a la presa de la trayectoria del depredador. La efectividad del escape depende tanto de la efectividad del animal para seguir una trayectoria que minimice la posibilidad de un encuentro o de una captura, si el depredador decide perseguirla (Arnott *et al*, 1999).

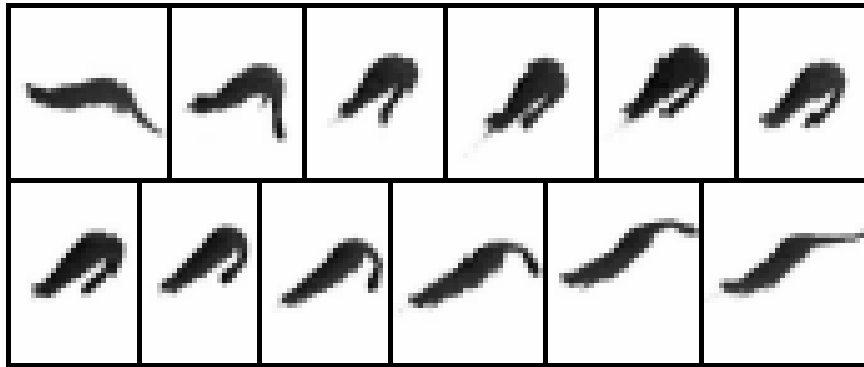
Las trayectorias de escape han sido estudiadas en diferentes grupos de organismos como los peces, cangrejos, cucarachas, renacuajos y ranas (Arnott *et al*, 1999). Los estudios para entender los mecanismos de escape tienen una gran importancia para la ecología, la fisiología y el comportamiento animal. En ecología, la elección de un ángulo específico afectará variables importantes de escape como la velocidad. Fisiológicamente las preferencias hacia ciertas trayectorias de escape implican mecanismos que controlan la magnitud del movimiento relativo hacia un estímulo. La presencia de trayectorias de escape múltiples previene que los depredadores aprendan un patrón de respuesta por parte de la presa. Para aplicaciones prácticas, las trayectorias de escape pueden servir para el diseño de redes de pesca. La trayectoria de escape se considera una variable circular y es definida como el ángulo entre la dirección del estímulo y la dirección tomada por el organismo al final de la respuesta (Domenici y Blake, 1993). El estudio de las trayectorias de escape puede ocuparse para comparar especies y obtener relaciones filogenéticas (Heitler *et al*, 1999).



Los escapes rápidos son comportamientos comunes de los organismos marinos y son componentes críticos en las interacciones depredador–presa. Sin embargo, la presencia de distintos tipos de refugio puede afectar las trayectorias de escape. El organismo tiene que tomar estrategias alternativas cuando no hay un refugio en el hábitat. Bajo esta situación, las trayectorias que prolongan una persecución maximizarán el costo energético del depredador, provocando que el ataque pueda ser abortado. Por eso la incorporación de la impredecibilidad (conocido en inglés como ‘protean behaviour’) en la respuesta de escape puede ser ventajosa en dichas circunstancias, ya que confunde al depredador y previene que aprenda los movimientos de la presa (Arnott *et al*, 1999, Nauen y Shadwick, 1999).

Cuando son atacados, los camarones intentan escapar mediante una respuesta conocida como tail-flip (golpe o contracción de la cola) (Arnott *et al*, 1999). El tail-flip es un comportamiento de escape, en el cual un rápido movimiento de contracción de la cola hacia el caparazón mueve al animal tanto vertical como horizontalmente en la columna de agua y lo acelera rápidamente hacia atrás (Figura 4). Sin embargo este tipo de comportamiento también puede ocurrir en respuesta a sustancias nocivas, cuando se alimenta o cuando se encuentra con otros camarones (Neil y Ansell, 1995, Arnot *et al*. 1998).

Este tipo de respuestas son exhibidas comúnmente por crustáceos, incluyendo misidáceos, camarones, eufausiáceos, y langostas. En estos grupos existe una gran diversidad morfológica, de tamaños del cuerpo, tipos de hábitat y estilos de vida, por lo que las adaptaciones resultantes en el mecanismo con el que se produce el tail-flip son distintas y, en general, poco conocidas. (Neil y Ansell, 1995)



**Figura 4.** Imágenes de un tail-flip obtenidas utilizando una cámara de alta velocidad (Arnott *et al*, 1998).

El tail-flip es controlado por redes neuronales que han sido estudiadas con gran detalle y se presentan en todos los grupos de malacostracos. Las fibras responsables de la contracción del abdomen en la fase inicial de un escape por la acción de un estímulo son las fibras mediales gigantes y las fibras gigantes laterales. Ambos grupos de fibras se encuentran en el cordón nervioso central. Los tail-flips subsecuentes en un escape son generados por una red neuronal que no involucra fibras gigantes (Arnott *et al*. 1998, Neil y Ansell, 1995). Este tipo de respuesta de escape debió aparecer temprano en la evolución de los malacostracos, ya que especies primitivas de carideos realizan diferentes tipos de flexión de la cola. (Heitler *et al*, 1999).

La propulsión que se genera durante un tail-flip es producida por la combinación de una fuerza reactiva y una fuerza de resistencia. Otra fuerza que contribuye al final del tail-flip es la fuerza hidrodinámica producida por un chorro de agua. Cuando la cola se acerca al cuerpo, el fluido entre estas dos superficies es desplazado, lo que produce el chorro de agua con una gran fuerza y dirección. La compresión del agua aporta una

cantidad sustancial de energía al tail-flip, sobre todo cuando la cola se acerca al cuerpo. La contribución de la fuerza de resistencia es hecha por la expansión de los urópodos (Nauen y Shadwick, 2001, Neil y Ansell, 1995) generando una superficie mucho mayor de resistencia al fluido. El centro de masa en estos organismos se encuentra en una posición anterior al sitio de producción de la fuerza, por lo que al momento en el que se desarrolla el tail-flip el animal rota sobre su propio eje (Nauen y Shadwick, 2001).

En este estudio se investigaron principalmente las trayectorias de escape de *Litopenaeus setiferus* en respuesta a un depredador natural, la jaiba azul *Callinectes danae*. De igual forma se estudiaron dichas respuestas ante un estímulo artificial. Para interpretar los resultados, fue necesario conocer el campo visual tanto de la jaiba como del camarón en diferentes intensidades de luz y se reverenciaron los movimientos angulares al centro de masa de las dos especies.