

Sacramento se evaluó utilizando datos de marca-recaptura, el incremento promedio de la longitud del cefalotórax fue 2.3 mm. en cada muda. Los acociles provenían del invierno, mudaron en marzo y parte de abril. La segunda y tercera muda ocurrió a principios de Junio y mitad de Agosto, respectivamente. La frecuencia de muda entre los sexos fue similar. La temperatura no solo puede afectar a la captura por trampa, sino también los períodos de muda. Las bajas temperaturas en marzo y abril corresponden a la alta actividad mudal. Con este incremento promedio es posible construir una gráfica que señale el número probable de mudas en cada edad. La tasa de mortalidad (Z) fue 0.67 que representa a todas las formas de muerte (predación, canibalismo, pesca, etc.). Hay un incremento de canibalismo durante la muda por haber una competencia intraespecífica por habitat. Las altas temperaturas incrementan la tasa de muda como en Astacus astacus además de la concentración de detritos (Shimizu y Goldman, ----).

En Gecarcinus lateralis después de dos ó tres semanas de que un apéndice fué extirpado, una pequeña papila aparece de 2-4 mm. de longitud. Esta permanece en esta forma hasta que llegue el período premudal. Este crece rápidamente por 20 días aproximadamente, complementándose su crecimiento en 10 días antes de la ecdisis (Skinner, 1962).

El crecimiento de juveniles de Astacus astacus tiene una relación con la temperatura del agua. El crecimiento de los adultos en diferentes latitudes de Suecia fué diferente entre los sexos. Los machos crecieron  $9.95 \pm 0.60$  mm y en las hembras fue de  $6.10 \pm 0.38$  mm. La tasa de crecimiento fué más baja en las hembras, esto se debió parcialmente a la reducción en actividades alimenticias, durante el período de incubación. El gran desarrollo de la quela de los machos, les da una posición dominante por la competencia de alimento. La temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad poblacional son los factores más importantes que influyen en la tasa de crecimiento (Abrahamsson, 1972).

El medio más común de inducir la muda precoz en crustáceos es la extirpación de pedúnculo ocular, que elimina el complejo órgano x-glándula del seno, este procedimiento estimula la muda en muchas especies, pero frecuentemente ocasiona una alta mortalidad al momento de la cirugía o durante el tiempo de la misma muda, como ocurre con Gecarcinus lateralis. La muda puede también ser estimulada por el corte de diversos apéndices locomotores y la regeneración de estos ocurre durante la premuda. La pérdida de uno a cuatro apéndices no tiene efecto sobre la duración del ciclo de muda, en cambio la pérdida de seis a ocho apéndices y con la combinación de quelípedos es casi efectiva en un 100%. Las quelas representan el 35% de la biomasa corporal.

Pero la pérdida de todos los apéndices inhibe la muda. La talla de los apéndices regenerados en Gecarnicus es reducido por un tercio de su talla normal cuando los seis pereíopodos son perdidos y a la mitad cuando 8 apéndices extirpados están regenerando (Skinner y Graham, 1972).

La frecuencia de muda en los acociles de la especie Procambarus clarkii se incrementa por la autotomía de los quelípedos y apéndices locomotores a condiciones constantes de 18.5-20.5 °C. El incremento en la frecuencia de muda no puede ser explicado por una pérdida de biomasa ya que diversas operaciones pueden producir daño a tejidos, nervio o fibras musculares resultando en una ligera pérdida de biomasa, pero estas operaciones incrementan significativamente la frecuencia de muda (Bittner y Kopanda, 1973).

Se ha planteado que el decremento en tiempo de una muda después de la autotomía se debe a la pérdida de masa corporal en Gecarnicus lateralis, sin embargo este procedimiento también está relacionado con la inmovilización, que daña al exoesqueleto y al sistema neuromuscular; además de pérdida de hemolinfa. Y se considera que la pérdida de masa corporal no es la única causa del incremento en la frecuencia de muda. Los animales ablacionados de la especie Procambarus clarkii que sobrevivieron a la operación al menos 10 días, alcanzaron la ecdisis de 12-32 días; en esta especie, la frecuencia de muda en organismos con sus 10 apéndices cortados fue del 82% comparado con el 48% a los que se les cortó solo ocho apéndices locomotores y la frecuencia de muda en el grupo control fue del 20%. El tiempo promedio de muda fue decreciendo de 88 +/- 31 días en el grupo tratado y en acociles con todos los apéndices mutilados de 45 +/- 16 días. Si la muda precoz es inducida solamente por pérdida de masa corporal, entonces la frecuencia de muda debe ser relacionada a la masa perdida. En este estudio no hay una relación entre la masa corporal removida y el incremento de la frecuencia de la muda. Una causa puede ser el gran peso de la hemolinfa que es mayor al peso de todas las patas. En muchos crustáceos, incluyendo acociles, la regeneración de un apéndice funcional no ocurre sin una muda y la reparación del exoesqueleto no es completado hasta la muda (Bittner y Kopanda, 1973).

Para el mantenimiento de adultos reproductores del acocil Procambarus clarkii, si son depositados en pequeños recipientes no es necesario la aireación si el nivel alcanza 3.8 cm. La alimentación puede ser simple y barata; se puede utilizar las plantas lagarto (Alternanthera) o la elodea (Egeria densa), que proveen oxígeno y alimento. Bajo estas condiciones de cultivo la madurez de las crías (7.5 cm) se alcanza en seis u ocho semanas (Black y Huner, 1976).

Los acociles cavernícolas de Alabama como Orconectes virilis crecen muy lentamente y tienen gran longevidad, su crecimiento se representa por una tasa de incremento de 0.38 mm/mes y viven de 10 a 15 años. Este crecimiento fue menor que de las especies epígeas, que varía de 2.8 a 5.2 mm/mes. (Cooper y Cooper, 1976).

La producción de acocil (Procambarus clarkii) de concha suave de tallas comerciales (50 a 70 mm), se realizó en dos formas. En el primer estudio, el 92% (299 acociles) mudaron a los 10 días después de su introducción al laboratorio. La duración de intermuda en promedio fué menos de 12 días en enero, marzo y mayo, pero sobre 18 días en junio. El grupo control que provenían de otro origen mudó en 23 días. La inyección de hormonas y ligación del pedúnculo fueron usados para influir en la tasa de muda. La hormona formulada no aceleró la muda después de 4 días de la muda inicial. La ecdisesterona no acelera la muda después de inyectarse un día después de la muda inicial, pero sí la facilita. La ligación del pedúnculo después de 4 días de la muda inicial aceleró este proceso y todas las mudas fueron exitosas. En el segundo estudio, los acociles mudaron en aguas duras (32 ppm) y agua deionizada y se determinó la dureza del caparacho a intervalos de tiempo diferentes (0-96 horas y 3 semanas). Los acociles mudaron en agua deionizada en un 1/3 de la dureza como en intermuda (Huner, 1976).

El crecimiento de juveniles Procambarus clarkii puede alcanzar tallas maduras en seis u ocho semanas después de su liberación con las hembras en condiciones de laboratorio (Huner y Avault, Jr. 1976a).

Los subadultos de Procambarus clarkii (50-60 mm de longitud total) mudan rápidamente (13.1 +/- 5.8 días) a temperaturas de 26.7 +/- 1° C. El período de premuda (D) ocupa el 62% del ciclo entero de intermuda. La muda puede retardarse ya sea en el período de intermuda (C<sub>4</sub>) o en premuda temprana (D<sub>0</sub>) del ciclo de muda. El verano se considera como un período quiescente en las poblaciones de campo de Louisiana cuando el crecimiento cesa y baja el nivel del agua forzando a ellos a vivir en madrigueras (Huner y Avault, Jr. 1976 b).

Se ha observado la eficacia de la pérdida de un número crítico de apéndices ya sea pereópodos o quelípedos en la estimulación de la muda en crustáceos. La tasa de crecimiento en Gercacinus lateralis sin pedúnculos oculares es más rápido y el crecimiento preecdisial ocurre cuando los apéndices son más pequeños que a los se les indujo la muda por autotomía (Holland y Skinner, 1976).

Los acociles Procambarus clarkii y P. acutus acutus son dos especies de importancia comercial en Louisiana. El promedio de cosecha comercial en áreas naturales y estanques manejados

producen 4.5 millones de Kg valuados en 3.4 millones de dólares. Los estudios de la biología de los acociles requieren frecuentemente la relación longitud/peso; esta es usada para determinar crecimiento, talla de madurez sexual y su comparación con datos de otras poblaciones de estos organismos. Los análisis de covarianza de los coeficientes de regresión de longitud-peso para machos y hembras para cada especie fueron significativamente diferentes. Los machos fueron más pesados, esto se debe al desarrollo acelerado de las quelas, mientras que la quela de las hembras permanecen isométricas con su longitud total a través de su vida. Las dos especies de acociles presentaron un crecimiento alométrico con el peso, incrementándose más rápido que el cubo de la longitud. La longitud total y del cefalotórax son variables altamente correlacionadas para cada especie (Romaine, et al., 1976).

El crecimiento en crustáceos no puede efectuarse hasta que la vieja cutícula es reemplazada. Por un período muy corto (en horas) la nueva concha es suave, ésta absorbe agua y se hincha. Virtualmente no hay incremento en peso y talla, hasta que la calcificación es lograda y hay un incremento dependiendo de la temperatura y la edad. Los fisiólogos reconocen que la ablación de los pedúnculos oculares estimula la muda pero hay complicaciones si el animal alcanza la madurez antes de que la operación sea efectuada. Para obtener acociles de concha suave es preferible obtener organismos en estado de premuda tardío pero son difíciles de capturar usando las técnicas de capturas típicas, porque no son atraídos a las trampas (Huner, 1977).

Acociles subadultos de Procambarus clarkii de 50 a 70 mm de longitud total, fueron inyectados con hormonas ecdisiales y también sujetos a una ablación bilateral del pedúnculo ocular; para comparar el acortamiento del período de intermuda. La ablación bilateral fué el mejor método para producir acociles de concha suave en comparación con la inyección de la ecdiesterona (Huner y Avault, Jr, 1977).

Experimentos con juveniles o subadultos de Procambarus clarkii en un sistema de crecimiento intensivo, sugieren que las densidades que exceden de 20-25 acociles/m<sup>2</sup> sin ninguna protección; producen baja sobrevivencia, pero no disminuyen en la tasa de crecimiento (Goyert y Avault, Jr., 1978).

Los machos de Procambarus clarkii en estanques comerciales del sur de Louisiana, alcanzan su madurez en un rango amplio de longitud del cefalotórax (50-115 mm). La forma activa sexual representa una fase de no crecimiento para ellos y es posible determinar los parámetros morfométricos. Se observó que los acociles de ambientes críticos con niveles erráticos de agua, altas densidades, pobre calidad del agua y reducción de alimento,

son animales mucho más pequeños que aquellos que viven en ambientes más favorables, se observó también en las diferentes distribuciones de frecuencias, modas múltiples; y se debe por las presencia de dos o tres máximos de reclutamiento de juveniles, tanto en reservorios naturales, presas y estanques comerciales durante el otoño e invierno, además esta apariencia multimodal se debe al hecho que todos los acociles que estan reclutándose no son necesariamente liberados hacia aguas abiertas al mismo tiempo. La diferencia de frecuencia de mudas entre juveniles de la misma edad puede influir la talla de madurez de los machos que tienen menor rapidez de crecimiento, como aquellos que son liberados previamente (Huner y Romaine, 1978).

El crecimiento de Procambarus clarkii en estanques comerciales de Louisiana puede detenerse en tallas pequeñas de 50-60 mm de longitud total, esto puede deberse al poco esfuerzo de cosecha, además del tipo de suplemento alimenticio. Acociles bien alimentados presentan hepatópancreas de color amarillo brillante (Huner, 1978a).

El acocil Procambarus clarkii con tallas promedio de 65.8 mm de longitud total fue expuesto a dos densidades (6 y 12 organismos/m<sup>2</sup>), el crecimiento se presentó mejor cuando se les alimento con una combinación de dos plantas (Polygonum y Jussiaea) que al alimentarlos con paja del pasto bermuda (Cynodon dactylon) en ambas densidades, pero fue mayor el crecimiento en la densidad de seis organismos. La supervivencia no fue afectada significativamente por la densidad y regimen alimenticio (Romaine, et al., 1978)

El crecimiento de Procambarus clarkii fue evaluado por la ecuación de von Bertalanffy en estanques de arroz y control de Louisiana. El crecimiento fué mayor en los estanques de arroz (longitud asintótica= 123.2 mm de longitud total) que en los estanques control (longitud asintótica= 106.9 mm de longitud total). Estos valores se obtuvieron mediante la captura de cada 15 días en estos estanques. La madurez se alcanzó a principios de marzo en los estanques de arroz; y la tasa de crecimiento fué mejor en estos por una mayor disponibilidad de alimento (Chien y Avault, Jr. 1980).

El intervalo de muda de acociles despedunculados decrece en un 25% y su tasa de crecimiento por muda se incrementa cerca de dos veces comparado con acociles intactos. Una eliminación intermitente influye en un incremento en el intervalo de la muda pero decrece en la tasa de incremento de la longitud del caparacho después de cada muda en juveniles de la especie Procambarus clarkii. Los acociles sobrevivieron hasta la tercera muda desde la ablación. La tasa de crecimiento fue mayor en

acociles alimentados diariamente, con respecto a los que se les alimento cada tercer o quinto día. Animales sin pedúnculo mudaron a los 11 y 16 días, aquellos sin pedúnculos y sin apéndices mudaron a los 11 y 18 días. La remoción de apéndices en acociles despedunculados también induce un decremento en la tasa de muda. La regeneración de apéndices en acociles juveniles es más rápida y alcanza la talla normal en dos mudas exitosas (Nakatani y Otsu, 1981).

Con capturas semanales de diciembre 1978 a abril 1979 se analizó el crecimiento utilizando la ecuación de von Bertalanffy (1938), considerando solo acociles mayores de 75 mm. El coeficiente de crecimiento y la longitud asintótica de los acociles en estanques inundados y sembrados con arroz tempranamente (septiembre) y tardíamente (octubre) fueron  $k=0.050$  y longitud asintótica= 92.2 mm y  $k=0.0896$  y longitud asintótica= 82.7 mm, respectivamente. Se considera que un valor alto de  $k$  significa una longitud asintótica menor (Chien y Avault, Jr. 1983).

El crecimiento postembriónico temprano de juveniles incluye desde la eclosión hasta la independencia de la madre, en algunas especies este período tarda hasta el tercer estadio. En Orconectes neglectus chaenodactylus durante este estadio tiene ya una apariencia en miniatura como los adultos. El promedio del caparacho es de 3.5 mm, éstos salen a explorar dejando la cámara maternal; pero regresan cuando hay alarma. En Procambarus clarkii, al llegar al tercer estadio son independientes de la madre de acuerdo a Penn (1943). El desarrollo de estructuras sexuales primarias se completa en tres mudas y los acociles llegan a su madurez en seis u ocho mudas (Price y Payne, 1984).

La muda de los acociles Procambarus clarkii y P. acutus es más frecuente en juveniles que viven en aguas cálidas. La muda podría ser cada 5 ó 10 días, mientras los más viejos (pero inmaduros), usualmente mudan alrededor de los 30 días. El calcio es necesario para endurecer el exoesqueleto y es inicialmente tomado de los gastrolitos, hepatopancreas y sangre. Los acociles de concha suave para su consumo deben ser capturados antes de 12 horas para obtener la mejor calidad (Culley, et al. 1985).

Juveniles de Procambarus clarkii que fueron alimentados con 3 dietas isocalóricas (harina de sardina, harina de soya, harina de acelga y agar en diferentes porcentajes) y a temperaturas de 26, 24 y 20 ° C, presentaron una sobrevivencia relacionada con la temperatura, el rango térmico intolerable fue de 25 a 30 ° C y el rango aceptable fué de 18 a 22 ° C. El tratamiento que tuvo un mejor efecto en la sobrevivencia fué la temperatura de 20 ° C y la dieta de origen animal (Denise-Re Araujo, 1985).

Acociles juveniles de 35 mm de longitud total de la especie

Procambarus clarkii fue evaluado el crecimiento, biomasa y productividad a densidades de 1,2,4,8 y 16 organismos por metro<sup>2</sup> en estanques con arroz cultivado. El crecimiento en longitud total y peso, fue afectado significativamente por la densidad, promediando de 91.5 mm y 20.7 g en talla y peso, respectivamente, para la densidad de 1 m<sup>2</sup>, y hasta 62.5 mm y 6.3 g para la densidad mayor (Lutz y Wolters, 1986).

Acociles de la especie Procambarus clarkii que fueron capturados en nueve estanques comerciales y depositados en recipientes de cultivo dentro de un "invernadero", mostraron un patrón de muda que fue predominantemente diurno. Más del 90% de las mudas ocurrió entre las 7 y 18 horas. Estos resultados concuerdan con observaciones previas de estos organismos en dos áreas comerciales para cultivo y bajo condiciones de laboratorio con luz artificial (Culley y le Duobinis-Gray, 1987a).

Se examinó el efecto de extirpar una quela o ambas y dos pereópodos sobre el crecimiento y frecuencia de muda en la jaiba azul Callinectes sapidus. La pérdida de una quela no alteró el incremento por muda y frecuencia de muda comparando con animales intactos. La múltiple pérdida de apéndices, redujo significativamente el incremento de muda en la primera muda pero no afectó la duración de la intermuda. En la segunda muda después de la autotomía no fue alterado en jaibas sin cuatro apéndices de aquellos sin una quela o intactos. La regeneración de los apéndices fueron de un 85 a 88%. Hasta tres mudas fueron requeridas para regresar al 100% del tamaño de los apéndices (David Smith, 1990).

#### 1.1.5. Importancia en Acuicultura y Pesquerías

En la especie A. astacus de Suecia, las bajas temperaturas decrecen la actividad alimenticia e influyen en la captura. En el verano de 1961, 20 trampas produjeron 396 acociles; pero el efecto inhibitorio de bajas temperaturas decreció la captura a cuatro acociles solamente. En esta especie sus adultos mudan una vez al año; pero varía de acuerdo a las altas temperaturas y la talla de acocil (Abrahamsson, 1972).

En el Río Sacramento de California durante 1977 y 1978, se estimó la densidad de la especie Pacifastacus leniusculus, donde se encontró valores de captura por trampa de 0.18 a 2.27 kg/trampa en diferentes sustratos; el sustrato rocoso fue el preferido por esta especie, además de que no es una especie escavadora. La densidad promedio fue 1.8 acociles adultos por m<sup>2</sup> (Shimizu y Goldman, ----).

Una dieta balanceada extruída y estable en el agua fue