

FECUNDIDAD Y CULTIVO DE *MACROBRACHIUM TENELLUM* (SMITH) EN EL LABORATORIO

JORGE A. CABRERA-JIMÉNEZ*

CRISTINA CHÁVEZ y

CARLOS MARTÍNEZ.

RESUMEN

Se analiza la fecundidad de esta especie, se compara con otras del mismo género y se proponen dos grupos de acuerdo con el número de huevos puestos por año: *M. tenellum* (70,000), *M. acanthurus* (52,000) y *M. rosenbergii* (112,000) son especies de fecundidad baja, en tanto que *M. carcinus* (1.050,000) y *M. americanum* (900,000) tienen fecundidad alta.

Por primera vez se obtuvieron el desarrollo larvario, la metamorfosis y el desarrollo de juveniles de *M. tenellum* en condiciones de laboratorio. En el desarrollo larvario de *M. tenellum* se identificaron usualmente 12 mudas, pero puede haber más; para el mismo fenómeno se proponen tres etapas: la primera con alta supervivencia e incremento de peso y longitud considerable que abarca las dos primeras intermudas; la segunda con mortalidad alta y con pequeñas ganancias de peso y longitud que abarca de la tercera a la sexta u octava intermudas. La última etapa incluyó a las demás intermudas larvarias y se caracterizó por una ganancia importante de peso y longitud. La duración del desarrollo larvario no fue menor de 24 días.

En cultivos masivos de larvas se obtuvo una productividad de 1.6 juveniles por litro. Se consiguieron juveniles de 2 g al término de 160 días, con una supervivencia general de 0.26% y un incremento de biomasa a partir de la primera intermuda multiplicada por un factor de 64. Comparando el desarrollo larval de *M. tenellum* con el de otras especies, se identifican dos grupos: uno que incluye a *M. tenellum*, *M. acanthurus* y *M. rosenbergii* con desarrollo larval corto y juveniles pequeños, y otro que comprende *M. americanum* y *M. carcinus* con desarrollo larval prolongado y juveniles grandes; pero todos ellos aparentemente con número similar de intermudas. El crecimiento de *M. tenellum* es menor que el de *M. rosenbergii* y ligeramente superior al de *M. americanum*.

Palabras clave: Fecundidad. Acuicultura. *Macrobrachium tenellum*. América.

ABSTRACT

The fecundity of this species is analyzed and compared with other species of the same genus. Two groups of species are proposed depending on the number of eggs produced per year: *M. tenellum* (70,000), *M. acanthurus* (52,000) and *M. rosenbergii* (112,000) are low fecundity species; in contrast, *M. carcinus* (1.050,000) and *M. americanum* (900,000) are high fecundity species.

The complete larval development was obtained for the first time, as well as the metamorphosis and the development of juveniles, under laboratory conditions. Twelve molts were usually identified, in the larval development of *M. tenellum*, but there may be more. Three periods were identified during the larval development: the first

* Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Laboratorio de Acuicultura, Universidad Nacional Autónoma de México.

is characterized by a high survival rate, high increase in weight and length and it included the two first intermolts; the second period has a high mortality rate and a small increase in weight and length. The last period includes all the remaining intermolts and is characterized by an important increase in length and weight. The total larval development lasts more than 24 days.

In massive cultivation, a productivity of 1.6 individuals per liter was obtained. At the end of 160 days, 2 g juveniles were produced. The survival rate was 0.26% and the biomass. Increase from the first intermolt to the last juvenile stage was 64 times higher. When comparing the larval development of *M. tenellum* with that of other species, two groups can be identified: the first one includes *M. tenellum*, *M. acanthurus* and *M. rosenbergii*, having in common a short larval development and small first stage juveniles and the other group includes *M. americanum* and *M. carcinus* having a longer lasting larval development, with larger first stage juveniles; both groups apparently have a similar number of intermolts. The growth rate of *M. tenellum* is lower than that of *M. rosenbergii* but slightly higher than that of *M. americanum*.

Key words: Fertility. Aquaculture. *Macrobrachium tenellum*. America.

INTRODUCCIÓN

Generalidades

Cuando se habla de cultivo de *Macrobrachium*, prácticamente se está hablando de *M. rosenbergii* (de Man) Miyajima, in Hanson y Goodwin (1977); sin embargo, Holthuis y Rosa (1965), en su lista que incluye a los langostinos de importancia económica, anotan además de dicha especie a 25 más, a las cuales hay que agregar *M. tenellum* (Smith) que tiene importancia comercial en gran parte de la costa mexicana del Océano Pacífico. Además, Boschi (1974), refiriéndose a los crustáceos cultivables en América Latina, enlista a 13 especies de *Macrobrachium* incluyendo a *M. tenellum*. Es evidente que, a pesar de que *M. rosenbergii* ha merecido la máxima atención para el diseño de acuicultivos, hay muchas otras especies que pudieran ofrecer alternativas sorprendentes para el cultivo. Resulta de importancia particular señalar la conveniencia de conocer suficientemente el potencial que ofrecen las especies autóctonas, antes de decidir la importación de especies exóticas, lo cual implica riesgos que en ocasiones cobran altos costos.

El cultivo del langostino no es fácil, ni siquiera el cultivo de la especie más popular, *M. rosenbergii*, de la cual Segal y Roe (1974) señalan que desafortunadamente no es una especie gregaria, es agresiva y caníbal, carácter que esta especie comparte con otras muchas del mismo género en mayor o menor cuantía.

En México pueden reconocerse 11 especies autóctonas de *Macrobrachium* y una exótica (Guzmán *et al.* 1977), entre ellas *M. tenellum*, *M. acanthurus* (Wiesmann), *M. carcinus* (Linnaeus) y *M. americanum* Bate, especies que merecen atención, supuesto que son las de más importancia comercial, en especial las dos últimas. Se eligió a *M. tenellum* porque su manipulación es relativamente fácil en las condiciones de nuestro trabajo en la ciudad de México.

Justificación

El cultivo del langostino todavía no es una industria, sino un pequeño negocio (Hanson y Goodwin, 1977). Sin embargo, se está desarrollando un enorme esfuerzo por diseñar y establecer tal industria. Gran

número de científicos y técnicos se encuentran comprometidos en esta empresa, en la cual se invierten ya fuertes sumas por parte de gobiernos, empresas privadas y universidades. Tal interés obedece al alto precio que este recurso alcanza en el mercado y al hecho de que se puede cultivar en aguas dulces durante la mayor parte del ciclo y que sólo se requieren cantidades modestas de agua salobre por tiempo breve. Además, existe la circunstancia de que la información derivada del laboratorio y de actividades comerciales pequeñas, arrojan elementos de juicio alentadores, tanto para establecer procedimientos de cultivo eficientes, como para proponer relaciones costo-beneficio atractivas. En México el valor de *Macrobrachium* se destaca del análisis de la producción pesquera y el valor correspondiente durante los años 1970-1976 (Cabrera, *et al.* 1977). El mercado del langostino es de lujo, la producción oscila entre las 500 toneladas al año y no es un producto frecuente de exportación. Por otra parte, la presión de pesca está en aumento, la disponibilidad de áreas para la producción natural disminuye y la contaminación restringe las posibilidades de las poblaciones naturales.

De lo anterior se infiere no sólo la conveniencia de superar las medidas de administración pesquera y la conservación que convenga a políticas de desarrollo, sino acelerar la generación de experiencias para propiciar la acuicultura del langostino en el menor plazo posible.

Antecedentes

El cultivo de larvas del langostino *Macrobrachium* no se aparta de la problemática del desarrollo de los crustáceos en general; Knowlton (1974) analiza el proceso de desarrollo larval particularmente

de los Caridea, los factores que lo controlan y sobre la base de resultados experimentales señala la semidependencia entre las mudas y la morfogénesis; así explica la variabilidad en el número de instares y su morfología; el autor propone la hipótesis de que la energía alimenticia es utilizada en orden prioritario en actividades de: mantenimiento, el proceso de muda y el fenómeno crecimiento-morfogénesis.

En cuanto al cultivo comercial del langostino *Macrobrachium*, el trabajo editado por Hanson y Goodwin (1977) recoge el estado actual del caso, recopila opiniones expertas y consigna la literatura del tema. En relación con el cultivo de *M. tenellum*, Sánchez (inédito) efectuó experimentos de cultivo en pozas a partir de juveniles colectados en el Río de San Antonio, en El Salvador y el mismo autor (Sánchez, 1976) realizó ensayos para conocer el desarrollo de larvas, sin lograr la transformación de larva a juvenil. Román (inédito), por otra parte, analizó la estructura de la población de *M. tenellum* en la laguna de Tres Palos, Gro., México, comparó el crecimiento de ambos sexos, estableció el rango de fecundidad y el período de reproducción.

La reproducción y el cultivo masivo de *Macrobrachium* spp. ha sido abordada por diversos autores: Fujimura (1966), Ling (1969a, 1969b), Choudury (1970, 1971a, 1971b, 1971c), Bardach *et al.* (1972), Arana (1974), Dobkin *et al.* (1974), Goodwin y Hanson (1975), Dugan *et al.* (1975), Román (inédito), Sánchez (1976), Cabrera-Cano (1976) y Martínez *et al.* (inédito).

En relación con el cultivo individual de *Macrobrachium* no se encontraron antecedentes.

Además, cabe añadir que el cultivo masivo de *Macrobrachium*, tanto el de larvas como el de juveniles, incluye una lar-

ga lista de referencias citadas por Hanson y Goodwin (1977).

Objetivos

a) Comparar la fecundidad de *M. tenellum* con la de otras especies.

b) Caracterizar las etapas del desarrollo larvario de *M. tenellum* y compararlas con las de otras especies.

c) Consignar los métodos empleados y la productividad alcanzada en los cultivos masivos de *M. tenellum*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Reproducción

Los ejemplares adultos de *Macrobrachium tenellum* procedieron de la desembocadura del Río Balsas, ubicado en la costa mexicana del Océano Pacífico. Se colocaron en acuarios de regular tamaño y se tomaron regularmente datos de temperatura, salinidad, oxígeno y pH, sin intentar llevar a cabo una regulación estricta.

Se anotaron, sin embargo, datos tales como la fecha del desove, el número de huevos, los períodos de incubación, y nacimiento. Para evaluar la frecuencia del desove, las hembras se marcaron mutilando el rostro; en mudas sucesivas se procedió a remarcar, a efecto de ajustar el número de dientes del rostro, eliminando la sección regenerada. Eventualmente, también se marcó mutilando los exopodios de los urópodos. No se presentaron problemas aparentes o significativos como consecuencia de este método.

El número de huevos fue estimado en hembras copuladas en el laboratorio; para ello se retiraron todos los huevos de los pleópodos, se pesaron y una alícuota del total fue evaluada contando individualmente cada huevo.

El período de incubación fue referido a hembras marcadas o aisladas, implicando desde la fecha de desove hasta la de nacimiento, tiempo durante el cual los hue-

vos permanecieron adheridos a los pleópodos.

La duración del período de nacimiento se ha considerado desde el momento en que se observaron larvas libres procedentes de una hembra aislada, hasta el momento en que ya no se observaron huevos adheridos a los pleópodos en la hembra.

Tomando en consideración que el nacimiento se inició durante horas tempranas de la noche y que puede extenderse hasta por 48 horas, se procedió a colocar a la hembra ovígera a término, dentro de una estructura adecuada para permitir la salida de las larvas y ser éstas inmediatamente incluidas en la unidad de cultivo, evitando así toda manipulación.

Cultivos individuales de larvas

Se cultivaron en forma individual tres lotes de 18, 12 y 10 larvas respectivamente en cajas de plástico de 12 divisiones cada una, de forma hemisférica, con volumen de 15 cm³; estas cajas se usan para almacenar huevos de gallina, son de bajo costo, de fácil limpieza, no son tóxicas y su forma favorece el examen diario del contenido.

Las cajas se mantuvieron en un incubador con regulación térmica de precisión, a una temperatura de 30°C. La salinidad fue mantenida a 12‰, utilizando agua destilada y agua oceánica, esta última fue

recogida en una zona situada a una milla al suroeste de la bocana del Puerto de Acapulco. El agua fue filtrada, almacenada y utilizada conforme fue necesario.

Las larvas se alimentaron diariamente con nauplios de *Artemia salina*; éstas se cultivaron a partir de huevecillo con una supervivencia de 11.8% de la marca Metaframe y *A. salina* procedente de áreas naturales de las costas mexicanas, que constituyeron dos lotes, el primero almacenado durante cuatro años y el segundo con menos de seis meses.

Los nauplios de *Artemia* fueron cultivados con lapsos de 24 horas y los más activos fueron proporcionados a cada cría de langostino en una ración aproximada de 20 a 25 nauplios al día. Además, las larvas fueron diariamente cambiadas a recipientes limpios con agua nueva, esta última fue mantenida previamente a la misma temperatura en la estufa de cultivo.

Diariamente se anotaron los siguientes datos y observaciones para cada una de las larvas, numeradas en series consecutivas; el número correspondiente al estadio morfológico definido mediante observación microscópica, la presencia de mudas y de muertes, anomalías y observaciones relativas a las características morfológicas referentes a los diferentes estadios. Asimismo, se hicieron observaciones relativas a la conducta.

El manejo de las larvas para transferirlas de un recipiente a otro, se realizó por medio de pipetas adecuadas. La supervivencia se valoró diariamente para cada estadio; asimismo, se dedujo el peso de cada intermuda pesando grupos de 10 animales en una balanza con sensibilidad de un microgramo. La longitud se midió en todos los casos desde el borde de la órbita ocular al borde distal del telson y desde la punta del telson al extremo distal

del rostro. Las mediciones se hicieron con el auxilio de un microscopio adecuado provisto de un ocular micrométrico de 10 divisiones, debidamente calibrado.

La identificación morfológica del primero al sexto estadios, la undécima y duodécima mudas y el primer estadio juvenil se realizaron observando los cambios morfológicos en los ojos, el telson, los urópodos, los pleópodos y el rostro, con ayuda de las descripciones morfológicas de Ling (1969b) y Choudury (1970 y 1971a). La descripción detallada de cada uno de los estadios larvales será objeto de otro trabajo.

Cultivos masivos de larvas

El sistema de cultivo consistió de tres unidades: la de cultivo, la de filtración y la de bombeo (Fig. 1), existiendo entre ellas las conexiones necesarias para la circulación del agua, en forma muy similar al sistema con el que han trabajado Sandifer y Smith (inédito). La cantidad de agua en el sistema de cultivo fue de 12 litros, y el agua total circulante de 16 litros. El sistema de filtración se encontró compuesto de dos recipientes, uno interior que contuvo los materiales filtradores y que favoreció la filtración física y biológica; esta última, disminuyó la cantidad de materia orgánica, el nitrógeno orgánico, el amonio y los nitritos; no se evaluó la eficiencia de este filtro. El recipiente exterior colectó el agua por medio de conexiones adecuadas. Cuando así convino, el agua fue vertida a una unidad de luz ultravioleta, la cual redujo las poblaciones de microorganismos, como lo menciona Spotte (1970), antes de conducir el agua a la unidad de cultivo.

El sistema de bombeo fue establecido mediante una bomba accionada por aire a presión, como la mencionada por Zie-

linski y Castro (1974), la cual se encargó de regresar el agua que salió de la unidad de cultivo a la unidad de filtración.

El flujo varió de 0 a 85 litros por hora y se trató de mantener a 32 litros por hora; sin embargo, se encontró que los flujos bajos fueron más favorables en general. Durante la noche el flujo no fue controlado satisfactoriamente, y durante el día se mantuvo constante; en ocasiones el flujo se incrementó intencionalmente, a efecto de favorecer la suspensión de materiales sedimentados.

Calidad del agua

Las variaciones de temperatura, salinidad, el oxígeno disuelto y el pH fueron muy variables pero dentro de límites aceptables. La salinidad fue estimada con un refractómetro American Optical Goldberg t/c modelo 10419 debidamente calibrado. La temperatura se midió con termómetros de mercurio con gradación de 0 a 50 grados Celsius, con un error de 0.5°C. El oxígeno disuelto se estimó con un oxímetro polarográfico YSI modelo 57 con membrana de 0.001 de pulgada.

El pH fue estimado con un potenciómetro Leeds & Northrup.

Procedencia de los organismos

Las larvas procedieron de una sola hembra y una sola camada. La carga en términos de peso se estimó tres veces, por medio de cinco mediciones repetidas en una muestra alícuota. Previo a ello se procuró la homogeneidad de la muestra. La estimación de peso es un dato inferido que resulta del número de organismos en un momento dado, multiplicado por el peso del estadio correspondiente, derivado éste de los datos que arrojaron los cultivos individuales.

En forma simultánea al cultivo de langostino se llevó a cabo un cultivo diario de nauplios de *Artemia salina*; éstos fueron separados según convino, a las 12, 24 o 48 horas; se procuró que los cultivos fueran de la magnitud suficiente para proveer de alimento a las larvas de langostino.

Los primeros estadios fueron alimentados diariamente con dos ml de nauplios de *Artemia salina* que equivalen a 0.15 g de peso seco, y en los últimos estadios se utilizaron tres ml de *Artemia* además de hígado de res cocido y seco, pasado a través de una malla de 707 micras.

Se estableció una rutina diaria para el funcionamiento del sistema y la recabación de datos; se vigiló por lo menos tres veces al día el flujo y las demás condiciones ambientales. Las variaciones más importantes se generaron durante la noche, en condiciones fuera de control para los autores. Todos los días se anotaron los datos relativos al cultivo en un libro expofeso que incluye los siguientes datos: clave del cultivo, fecha, hora, temperatura, oxígeno, salinidad, pH, volumen de agua recuperada, volumen de *Artemia* proporcionada, notas y observaciones correlativas.

Comparación entre el desarrollo larval de varias especies de Macrobrachium en cuanto a longitud y tiempo

Para comparar el desarrollo larvario de varias especies de *Macrobrachium*, en cuanto a tamaño y período de duración de cada intermuda, se tomaron en cuenta los trabajos de descripción de *M. rosenbergii* (Ling 1969b), *M. acanthurus* y *M. carcinus* (Choudury 1970, 1971a) y *M. americanum* (Arana 1974). Se obtuvo el promedio de los períodos de cada inter-

muda señalada por los respectivos autores, con el propósito de graficar el dato correspondiente de cada estado. Se hace notar que Arana (*op. cit.*) proporciona en su trabajo un solo dato acerca del tiempo de obtención de cada uno de los estadios de *M. americanum* y que tal tiempo en este trabajo se ha considerado como el promedio correspondiente. Ling (1969b) no registra los días en que obtuvo el primer juvenil de *M. rosenbergii*; por lo tanto, se consigna en la gráfica 7 el dato proporcionado por Goodwin y Hanson (1975). Choudury (1971a) no proporciona el tamaño ni el tiempo de obtención del primer juvenil de *M. carcinus*; los datos consignados en este trabajo fueron obtenidos por Lewis & Ward (1965) y Choudury (1971a).

Con respecto al tamaño de los estados larvales, se tomaron en cuenta las medidas desde la punta de telson hasta la punta del rostro expresada en mm. Arana (*op. cit.*) no indica en su trabajo cuáles fueron las longitudes que consigna (rostro-telson o telson-órbita ocular); sin embargo, por comparación con los datos de las demás especies, se considera que Arana midió de la órbita al telson, y para poder realizar una comparación tentativa de sus resultados con los de las demás especies, arbitrariamente se agregó de acuerdo con los datos de *M. tenellum*, el porcentaje de rostro que corresponde a cada estado. Se consigna también que por errores de metodología no se tienen seguros los datos de longitud (rostro-telson) del quinto y sexto estadios de *M. tenellum*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reproducción

Aun cuando la economía energética derivada de la alimentación del langostino es un proceso determinante del fenómeno de reproducción, de acuerdo con los criterios generales de Knowlton (1974), también son de importancia básica las condiciones extrínsecas ambientales. A pesar de lo anterior, la información disponible sobre la relación entre la reproducción del langostino (*Macrobrachium* spp.) y los factores ambientales, es aún escasa e insuficiente para derivar recomendaciones convenientes para los acuiculturistas industriales o artesanales. Con la intención de aliviar este vacío de información, a continuación se consignan observaciones originales relativas a algunos valores ambientales que resultaron favorables para la reproducción de *M. tenellum* en cuanto a temperatura, salinidad, oxígeno disuelto

y pH, sin que se intenten definir ni los límites ni los valores óptimos correspondientes; los datos ambientales que aquí se consignan, sin embargo, fueron adecuados para la realización de los siguientes fenómenos: maduración gonádica, cópula, desove, desarrollo embrionario y nacimiento larvario; además, se incluyen los datos de otros autores referentes al ambiente y la reproducción de diversas especies de *Macrobrachium*, y al respecto se hacen las consideraciones pertinentes. A continuación se aportan datos y elementos de juicio en cuanto a los siguientes apartados: la calidad del agua y la reproducción; la época de reproducción, el tiempo de desove después de la cópula, el número de huevos, la frecuencia de desoves y la producción anual de huevos, el período de incubación, la duración del período de nacimiento y el desove de hembras no inseminadas.

Calidad del agua y la reproducción

a) Temperatura. Se encontró que la reproducción de *M. tenellum* fue posible entre 25 y 29°C. Con anterioridad, Sánchez (1976) reconoció condiciones favorables entre 28 y 29°C para la misma especie. Existe información también sobre otras especies; *M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. ohione* se reproducen convenientemente a los 27.5°C (Dugan *et al.* 1975). En cuanto a *M. rosenbergii*, la especie más estudiada del género, no encontramos los datos correspondientes en la literatura.

b) Salinidad. Se encontraron términos adecuados para la reproducción de *M. tenellum* entre 0 y 12‰, dato que viene a complementar el de Sánchez (1976), quien encontró niveles convenientes entre 12 y 16‰. Con respecto a *M. rosenbergii*, Ling (1969a) señala que la reproducción se efectúa convenientemente entre 0‰ y una mezcla de agua dulce con 5% de agua marina (posiblemente ± 2 ‰); Goodwin y Hanson (1975, comunicación personal de Fujimura), refieren salinidades de 6 a 12‰ y Bardach (1972) indica, respecto al desarrollo embrionario, que cuando los huevecillos toman el color gris, se adiciona agua marina poco a poco, así que al tiempo del nacimiento, la salinidad se encuentra entre 8 y 15‰; el autor dice que con tal procedimiento se incrementa el grado de nacimiento y se favorece a las larvas.

En relación con *M. carcinus* y *M. acanthurus* Choudury (1971a, 1971b) menciona que la reproducción se realiza convenientemente a 0‰ y Dugan *et al.* (1975) reconoce para estas especies y para *M. ohione* salinidades entre 0 y 16‰. Del trabajo de Cabrera-Cano (1976) se infiere que para *M. acanthurus*, la salini-

dad conveniente para la reproducción fue de 2 a 17‰.

De los datos que aportan otros autores y de los nuestros, se deduce que en salinidades entre 0 y 16‰ sí pueden reproducirse las siguientes especies: *M. tenellum*, *M. rosenbergii*, *M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. ohione*.

c) Oxígeno disuelto y pH. Para la reproducción de *M. tenellum* resultaron adecuados valores de oxígeno disuelto entre 2 y 3.5 ppm y pH entre 7.25 y 8.25; dato este último que amplía el de Sánchez inédito, quien señaló pH favorable entre 8.1 y 8.4. Salvo la información anterior, la literatura no consigna datos al respecto.

Época de reproducción

En la desembocadura del Río Balsas, se ha observado que *M. tenellum* se reproduce durante todo el año, especialmente durante el otoño; igualmente, en el laboratorio ha sido posible la reproducción de la especie en cuestión durante todo el año, manteniendo la temperatura del agua entre 26 y 35°C, regulando convenientemente la calidad del agua y proporcionando alimentación adecuada.

De manera similar, otras especies de *Macrobrachium* se reproducen durante todo el año: *M. rosenbergii* (Ling 1969b); *M. carcinus*, *M. acanthurus* y *M. ohione* (Dugan *et al.* 1975). De lo anterior se infiere que en condiciones de ambiente regulado es factible la reproducción de las especies en cuestión, inclusive *M. tenellum*, durante todo el año, lo cual es una ventaja para operaciones comerciales y experimentales.

Tiempo del desove después de la cópula

Después de la cópula tiene lugar el desove, el cual en *M. tenellum* se realizó

durante las siguientes 24 horas. En *M. rosenbergii* el desove se realiza en el transcurso de las 20 horas siguientes, dependiendo de qué tan pronto se lleve al cabo la fecundación después de la muda prenupcial (Ling 1969a, Goodwin y Handson 1975); en *M. acanthurus* Choudury (1971b) informa de dos casos de desove con cuatro a doce horas después de la cópula, y en *M. americanum*, el mismo fenómeno se ha consignado después de 18 a 35 horas (Arana 1974). Se puede concluir de lo dicho en este párrafo que en *M. tenellum*, *M. rosenbergii*, *M. acanthurus* y *M. americanum* el desove se presenta en el curso de 1.5 días después de la cópula o de la muda, en el caso de las hembras no inseminadas. El tiempo de desove después de la cópula tiene interés biológico sin lugar a duda; sin embargo, todavía no parece tener trascendencia en la acuicultura práctica, toda vez que la hembra se encarga del cuidado de los huevos en cuanto se presenta el desove.

Número de huevos

De acuerdo con Román (inédito), el número de huevos en hembras ovígeras de *M. tenellum* es variable, incluso en hembras de la misma talla; al respecto se encontró en dos hembras de 52 mm fecundadas en el laboratorio, 1,000 huevos en una y 4,500 en otra, lo cual apoya lo asentado por el autor de referencia; sin embargo, en las tallas extremas, en general, las hembras más grandes son portadoras de un número mayor de huevos y viceversa. La mayor cantidad de huevos en una hembra de esta especie ha sido de 63,531 y corresponden a una hembra de 107 mm (Cabrera *et al.* inédito). El número más frecuente de huevos en hembras de la especie en cuestión oscila entre 2,000 y 18,000, valor que corresponde a

hembras cuyas tallas se encuentran entre 46 y 74 mm de longitud total (Cabrera *et al.* inédito).

El número de huevos en *M. rosenbergii* ha sido registrado por varios autores: Ling (1969b) señala 60,000 huevos en una hembra madura de 180 mm (80 g); Dugan *et al.* (1975) y Fujimura (1966) dicen que esta especie produce usualmente 15,000 huevos, en tanto que Fujimura y Sandifer (*in* Goodwin y Hanson 1975) opinan que en hembras grandes el número razonable parece ser entre 25,000 y 30,000 huevos. La cantidad de huevos más elevada registrada para esta especie es de 115,000 (Dugan *et al.*, *op. cit.*); también una cifra elevada ha sido reconocida por Ling (*op. cit.*), quien se refiere a 100,000 huevos.

Con respecto a *M. acanthurus*, Martínez *et al.* (inédito) señalan 3,500 huevos como promedio derivado de 22 hembras de 80 mm (rostro-telson). Para *M. carcinus* se han calculado hasta 210,000 huevos (Dobkin *et al.* 1974), también se han estimado 140,000 huevos, dato derivado del análisis de ocho hembras con peso promedio de 75 g (Dugan *et al.*, *op. cit.*). En cuanto a *M. americanum*, Arana (1974) indica que el número de huevecillos por hembra, está en relación casi directa con el peso de la misma y que para el rango de las tallas de las hembras ovígeras desde las tallas mínimas hasta las máximas, la variación del número de huevecillos oscila de 50,000 a 250,000 aproximadamente y, además, registra que una hembra con 118 mm (24.2 g) era portadora de 57,400 huevos.

De lo anterior se deriva la hipótesis de que las especies mencionadas en este apartado pueden agruparse en tres niveles de acuerdo con su fecundidad, referida ésta al número de huevos; un grupo de alta fecundidad que incluye a *M. carcinus* y a

M. americanum con promedio de 210,000 y 150,000 huevos respectivamente; otro nivel con fecundidad mediana representado por *M. rosenbergii*, con un promedio de huevos del orden de 25,500 y otro nivel con fecundidad baja en donde se considera a *M. tenellum* y *M. acanthurus* respectivamente con 4,650 y 3,500 huevos en promedio. De este modo *M. tenellum* resulta una especie con fecundidad modesta, lo cual por sí solo no abona en favor de esta especie como candidato para la acuicultura, pero tampoco la elimina.

Finalmente, cabe añadir que en los trabajos antes mencionados no se especifica si el número de huevos en cuestión corresponde al que salió por los orificios genitales durante el desove, al que se fijó en los pleópodos, al que se encontró al término del período de incubación o a algún otro momento de intermedio considerado entre el período de desove y el de nacimiento; de cualquier forma, cabe la certeza de que el número en cuestión decrece por razones extrínsecas e intrínsecas del organismo; sin embargo, esta cuestión parece no ser de interés prioritario para el desarrollo de los cultivos.

Frecuencia de desove y producción anual de huevos

El tiempo que media entre desoves sucesivos por una parte y el número de desoves al año por otra, son datos importantes para evaluar la fecundidad anual entre diversas especies; tal análisis es difícil, ya que las condiciones razonablemente comparables no son fáciles de dar. Sin embargo, se antoja interesante la elaboración de hipótesis en torno a la fertilidad anual de algunas especies.

En el curso de nuestras investigaciones se observó que en dos ocasiones, en hembras de 46 y 57 mm de longitud (órbita a

telsón), se presentaron desoves sucesivos con intervalos de 18 y 19 días respectivamente; esto es, las hembras desovaron 5 y 6 días después del nacimiento previo. También se observó a una hembra de 53 mm (órbita a telsón), en la que entre desoves sucesivos mediaron 38 días, o sea que la hembra desovó 25 días después del nacimiento previo. Tomando los datos extremos de manera tentativa, se propone que *M. tenellum* puede desovar con una frecuencia entre 18 y 38 días y que bajo condiciones reguladas puede hacerlo consecuentemente entre 10 y 20 veces al año, resultando un promedio de 69,750 huevos al año, datos que se presentan con las reservas correspondientes. En relación con otras especies, Ling (1969b) señala que las hembras maduras de *M. rosenbergii* mantenidas en el laboratorio, son capaces de desovar dos veces en un período de 5 meses, posiblemente cada 75 días, y que en la naturaleza es bastante posible que sean capaces de desovar 3 a 4 veces en un año; si esto es así, resulta una frecuencia de desove de 91 a 122 días de diferencia y un número anual de huevos cercanos a los 112,000. Dugan *et al.* (1975), manipulando la temperatura, indujeron a la reproducción a *M. carcinus* y *M. acanthurus*, y lograron desoves hasta con 60 días de diferencia en la misma hembra, lo cual podría implicar, para la primera especie, un número anual de huevos de 1.050,000 y para la segunda 52,000. Por otra parte, se estima que *M. americanum* puede tener al año 900,000 aproximadamente.

La información relativa a la frecuencia de desoves debe tomarse con reserva por una serie de circunstancias que hacen difícil cualquier conclusión; al respecto, en este sentido, Ling (*op. cit.*) destaca que la frecuencia de mudas depende de la edad de los individuos y de la alimenta-

ción; de ellos se desprende que las mudas potencialmente prenupciales y consecuentemente los desoves, también dependen de tales factores.

En un intento por derivar otros datos indicativos de fecundidad en relación con la frecuencia de desoves y el número de huevos al año, cabe proponer dos grupos: uno de baja fecundidad con producción anual de huevos entre 52,000 y 112,000, y otro con alta fecundidad con valores entre 900,000 y 1.050,000; al primer grupo corresponden *M. tenellum*, *M. acanthurus* y *M. rosenbergii*, en tanto que en el segundo se incluyen *M. carcinus* y *M. americanum*.

Periodo de incubación

En hembras de *M. tenellum* mantenidas en el laboratorio entre 26 y 30°C, se ha encontrado que el período de incubación se extiende de 12 a 14 días. En contraste, *M. rosenbergii* tiene un período de incubación de 19 días a temperaturas entre 26 y 28°C (Ling 1969b), Bardach *et al.* 1972 y Goodwin y Hanson 1975); y para *M. acanthurus* se ha reconocido un período de incubación de 16 a 18 días (Choudury 1971b).

De acuerdo con la información anterior, resulta que *M. tenellum* tiene un período de incubación muy corto, esto es, 26 a 27% (6 días) menor que *M. rosenbergii* y 16% menor que *M. acanthurus*, lo cual es relativamente ventajoso para *M. tenellum*, dato que resulta útil en operaciones de cultivo masivo.

Duración del periodo de nacimiento

Se observó que el nacimiento de *M. tenellum* se inicia usualmente durante las horas tempranas de la noche y que puede extenderse hasta por un lapso de 48 horas.

En otras especies se han reconocido períodos semejantes o menores, pero no mayores. Para *M. rosenbergii* Ling (1969b) registra de 4 a 6 horas, en tanto que Goodwin y Hanson (1975) consignan de 1 a 24 horas. En cuanto a *M. acanthurus* Choudury (1971b) indica que el nacimiento se inicia en horas tempranas de la noche y continúa dentro de las tres y cuatro horas siguientes, y que en una ocasión observó que este proceso se llevó a efecto durante dos noches sucesivas.

En la práctica es importante tomar en cuenta el período de nacimiento, ya que de la regulación de la calidad del agua depende, en gran medida, el impacto que ocasiona el reclutamiento de larvas en la unidad de cultivo, particularmente en condiciones de carga elevada.

Desove de hembras no inseminadas

En hembras de *M. tenellum* aisladas y consecuentemente no copuladas, se observó que después de mudar se presentaba un desove de huevos estériles; tales huevos permanecieron adheridos a los pleópodos de la hembra por espacio de ocho días y, finalmente, se eliminaron en forma gradual. A este respecto Choudury (1971b) consigna el mismo caso para *M. acanthurus*; Goodwin y Hanson (1975) señalan algo equivalente para *M. rosenbergii*.

Cultivos individuales de larvas

Mudas y morfogénesis. El desarrollo larvario de *M. tenellum*, en general, se ajusta al tipo anamórfico descrito por Snodgrass (1956), ya que se implica la adición de segmentos de manera simultánea al cambio de forma, y tal adición se hace evidente después de la muda. En *M. tenellum* se identificaron 12 mudas larva-

rias (Fig. 2), pero se estima que puede haber más; cada una de las seis primeras correspondió a un estadio morfológico diferente, pero no fue siempre así en las siguientes mudas (la descripción morfológica será objeto de otro estudio); esto es, a partir de la séptima muda se hace difícil establecer diferencias morfológicas sucesivas y, particularmente, en las larvas más grandes, no siempre una muda implica un cambio morfológico significativo, situación que resulta similar a lo que acontece a *M. acanthurus* y *M. carcinus* (Choudury 1970, 1971a). Lo anterior podría tener la explicación en la hipótesis de Knowlton (1974) en cuanto a que parece existir una independencia relativa entre las mudas y la morfogénesis.

La relación entre mudas y morfogénesis en otras especies de *Macrobrachium* ofrece serias dudas porque los informes disponibles no derivan de cultivos individuales en los que la identificación de muda y formas larvarias pueda seguirse a nivel individual, sino que tal información procede de cultivos masivos en los que no se puede seguir el desarrollo larvario individualmente; tal es el caso de la información de Ling (1969b) en cuanto a *M. rosenbergii* del que obtiene 8 estadios y 11 mudas larvarias; lo mismo se puede decir de los datos de Choudury (1970) respecto de *M. acanthurus* del que consigna 11 a 12 mudas y describe 10 estadios larvales; el mismo autor (Choudury 1971a) para *M. carcinus* registra 12 estadios larvales y no da un dato preciso de mudas; Arana (1974) refiere 12 estadios larvales para *M. americanum* y no menciona el número de mudas.

Supervivencia, mortalidad y duración de las intermudas. En la figura 2 se sintetiza la información de tres cultivos en términos de promedios porcentuales de supervivencia, mortalidad y duración de

cada estadio. Los cultivos se caracterizaron por presentar tres etapas, una de alta supervivencia inicial que en este caso abarcó los primeros estadios y se extendió durante los primeros cinco días; otra por una alta mortalidad que incluyó del tercero al octavo estadios y tuvo duración del sexto al decimonoveno días y una etapa final de baja mortalidad que incluyó del noveno al último estadio y abarcó del día decimonoveno al último.

La duración total de la serie larval no fue menor de 24 días; en repetidas ocasiones se observó que las tres últimas intermudas pueden prolongar su vida sin mudar ni sufrir morfogénesis ni metamorfosis en el caso de la última; se estima que ello depende básicamente de las condiciones de alimentación y la calidad del agua de cultivo; buena alimentación y buena calidad de agua acortan la duración de tales estadios y precipitan la metamorfosis.

La alta supervivencia de la primera etapa posiblemente sea la resultante de la garantía alimenticia que implica la existencia del vitelo residual. La mortalidad alta de la segunda etapa sugiere problemas nutricionales; en esta etapa el vitelo residual se ha consumido y las larvas dependen de su propia habilidad para proveerse de alimento, situación crítica que posiblemente sea el factor más importante que determina dicha alta mortalidad característica de esta etapa. La tercera etapa de baja mortalidad parece indicar que está protagonizada por individuos que fueron capaces de superar la crisis alimentaria de la etapa anterior, de ahí que su supervivencia se muestre estabilizada. De lo antes dicho cabe destacar la conveniencia de minimizar los efectos críticos de la segunda etapa para superar la producción de postlarvas; ello implica identificar las causas de la mortalidad eleva-

da y encontrar alternativas de solución; al respecto creemos que, como se ha mencionado, la alimentación es uno de los problemas básicos por resolver.

En términos generales, parece ser que las etapas de referencia de mayor o menor duración, son comunes al desarrollo larval de muchos decápodos, cuando las condiciones ambientales no son adversas (Cabrera, inédito).

En otras especies de *Macrobrachium*, aun cuando los autores no lo señalan, es posible referirse a las etapas en cuestión; tal es el caso de la información de Choudury (1971b y 1971c) sobre *M. acanthurus* y *M. carcinus* respectivamente, y Dugan *et al.* (1975) relativa a *M. acanthurus*.

Relación entre el peso y la longitud en el desarrollo larvario individual. En general, el desarrollo larvario de *M. tenebrosus* se caracteriza porque se gana más peso que longitud, en comparación con el desarrollo de juveniles (Figs. 3, 4, 5); sin embargo, el desarrollo larvario en cuanto a la relación peso/longitud no es uniforme; podemos identificar asimismo tres etapas: la primera implica un incremento de peso considerable con una ganancia baja en longitud; esto comprende el cambio entre la primera y la segunda intermudas, que se suscita en tiempo breve. La segunda etapa incluye condiciones muy leves de cambio, tanto en peso como en longitud, pero abarca las intermudas entre la segunda y la sexta. La tercera etapa, al igual que la primera, implica una ganancia de peso proporcionalmente considerable e incluye las intermudas de la sexta a la duodécima, la cual puede durar bastante más que las anteriores, sin cambios amplios de peso y longitud, si las condiciones no resultan favorables para la metamorfosis que da origen al primer juvenil. Tal metamorfosis resulta en ju-

veniles con peso y longitud mucho menores que la última larva, lo cual posiblemente sea reflejo del gasto energético que implica el fenómeno citado.

Cabe añadir que las tres etapas en cuestión, en cierto modo, coinciden con las tres etapas referidas, en cuanto a la supervivencia, la mortalidad y la duración de las intermudas. Esto es, que en la primera etapa con alta supervivencia y gran incremento sólo se implica la morfogénesis entre la primera y la segunda intermudas; la segunda etapa se caracteriza por una mortalidad grande y un incremento de peso y longitud reducidos; incluye de la tercera a la sexta u octava intermudas, y la tercera etapa, con mortalidad baja, implica un incremento de peso considerable; lo anterior nuevamente indica que la segunda etapa de desarrollo larvario es crítica para la producción.

La relación de detalles del desarrollo larvario en cuanto a peso en función del tiempo, es la siguiente: en la figura 4 se nota un incremento substancial en el peso entre la primera intermuda y la segunda igual al 61.53%, lo cual se explica fundamentalmente por la incorporación de agua, supuesto que el estadio I no tiene la habilidad suficiente para alimentarse por sí mismo. Entre la segunda y sexta intermudas, el incremento de peso es leve y de menor velocidad que en el caso anterior; el incremento total es de 184.61% y el incremento diario de 15%. Cabe hacer notar que en todo este tiempo, desde la primera hasta la sexta intermudas, los cambios que sufre la larva son progresivamente menos complicados.

De la sexta intermuda a la duodécima, en cambio, el incremento de peso fue considerable en cantidad y velocidad, pues se observa un incremento diario de 119.94% y un incremento total de 1,583.33% en 13.2 días. Durante este período los orga-

nismos se nutren activamente e incluso frecuentemente se observa canibalismo en condiciones inadecuadas de alimentación.

Entre la última intermuda larval y el primer estadio juvenil, fue evidente un decremento en el peso de un 50% total, lo cual posiblemente se explica en función del fenómeno de metamorfosis correspondiente. A partir del primer juvenil, el incremento de peso hasta el día 86, fue de 357.80% diario y el incremento total fue de 22,184.21%. El incremento diario desde la primera intermuda hasta el juvenil de 86 días, fue de 6,126% y el total 526,875%.

No se encontró en la literatura información sobre el peso de los estados larvales de las diferentes especies de *Macrobrachium* descritas, ni en otros Decapoda; por lo tanto, no se discute este asunto.

Los cambios de la longitud con respecto al tiempo (Fig. 5) muestran las siguientes características: entre las intermundas primera y sexta, se notó un incremento diario de 11.03% y un incremento total de 152.35%. De la intermuda sexta a la duodécima el incremento diario de longitud fue de 18.80% y el total de 248.26%, lo cual señala una aceleración en el incremento.

De la intermuda duodécima al primer juvenil, decreció la longitud en un 74.18% total y, a partir de éste y hasta los 86 días de cultivo, el porcentaje diario del incremento de la longitud fue de 10.11% y el incremento total de 626.83%. Considerando el dato inicial y el final, el incremento diario y el total fueron respectivamente de 20.45 y 1,758.82%.

Desarrollo larval en cultivos masivos

Producción de larvas y juveniles en cultivo masivo. El cultivo se inició con un

número aproximado a 325 larvas por litro, obviamente con 100% de individuos en primer estadio y un peso total de 0.22 g; (Fig. 6) para el octavo día se tenían 228 larvas por litro con un peso de 0.44 g; de ellos, el 9% en tercera intermuda, el 83% en cuarta y el 8% en quinta, con peso total de 0.33 g. Para el día decimo-cuarto se tenían 81.25 larvas por litro, incluido el 14% en intermuda quinta, el 40% en sexta y el 46% en séptima. En el día 63 se tenían 20 juveniles que equivalen a 1.6 juveniles/L, con un peso total aproximado de 1.76 g.

Calidad del agua

a) Temperatura. En el sistema de cultivo masivo de larvas de *M. tenellum*, la temperatura varió de 21.5 a 31°C, con una media de 28.65°C y con una desviación estándar de 2.1°C, sin que tales condiciones térmicas puedan ser señaladas como óptimas.

Al respecto, Bardach *et al.* (1972) registran condiciones de temperatura cercanas a las óptimas para el cultivo masivo de larvas de *M. rosenbergii* de 26 a 28°C; Cuzon (*in* Hanson y Goodwin 1977) señala que en Tahití se utilizan 27°C para el cultivo masivo de la misma especie; por otra parte, Choudury (1971b) indica haber obtenido juveniles de *M. acanthurus* con temperaturas entre 23 y 27°C, en tanto que para la misma especie Dugan *et al.* (1975) registran temperaturas óptimas entre 30 y 32°C.

b) Salinidad. La regulación de la salinidad no constituyó un serio obstáculo, toda vez que su variación dependió básicamente de la evaporación diaria; la salinidad osciló entre 12 y 14‰, con media de 12.74‰ y desviación estándar de 0.961‰. Otros autores han señalado los

valores de salinidad en los que ha sido posible el cultivo de otras especies:

Choudury (1970) indicó que 19°/00 fue la salinidad adecuada para el cultivo de larvas de *M. acanthurus*; Choudury (1971c), en salinidades entre 14 y 16°/00, cultivó larvas de *M. carcinus*; para larvas de esta misma especie, Dugan *et al.* (1975) señalaron una salinidad óptima de 12°/00; Bardach *et al.* (1972), para el cultivo de larvas de *M. rosenbergii* indicaron salinidades adecuadas entre 12 y 14°/00, en tanto que Hanson y Goodwin (1977) señalaron que en Tahití se cultivan larvas de esta última especie con salinidad de 12°/00.

c) Oxígeno disuelto. La concentración de oxígeno en la unidad de cultivo osciló entre 2.5 y 5.4 ppm con una media de 3.92 ppm y desviación estándar de 0.647. En el sistema empleado, el flujo del agua fue principalmente factor decisivo en la concentración de oxígeno disuelto. En la literatura no se encontraron datos que consignen este parámetro en cultivos masivos de *Macrobrachium*.

d) pH. Los valores de pH en la unidad de cultivo mostraron variaciones entre 7.00 y 8.51, con un valor medio de 7.71 y desviación estándar de 0.36. Al respecto, Bardach *et al.* (1972) mencionan condiciones cercanas a lo óptimo entre 7.0 y 8.0. Choudury (1971b) registra el cultivo de larvas de *M. acanthurus* en pH entre 6.5 y 8.0.

Comparación entre el desarrollo larvario de varias especies de MACROBRACHIUM en cuanto a longitud y tiempo. De acuerdo con la información original de este trabajo y los datos de Ling 1969b, Choudury 1970, 1971a, Arana 1974, Goodwin y Hanson 1975, en *M. tenellum*, *M. rosenbergii*, *M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. americanum*, las primeras intermudas se presentan en tiempos equivalentes; suce-

sivamente la duración de dichas intermudas resulta diferente, de manera tal que se pueden distinguir dos grupos definidos por la duración del período larvario y, además, por el tamaño de sus juveniles resultantes (Fig. 7).

En el primer grupo contamos a *M. americanum* y *M. carcinus*. El desarrollo larval de *M. americanum* requiere de más tiempo y produce un juvenil de menor talla que en *M. carcinus*. El segundo grupo incluye a *M. tenellum*, *M. acanthurus* y *M. rosenbergii*. El desarrollo larvario de *M. tenellum* ocupa menos tiempo que el de las demás especies, a pesar de lo que deduce Sánchez (1976), quien indica que los estados larvarios de *M. tenellum* son más largos y con más estadios que *M. rosenbergii*. Además, hay que señalar que la talla del primer juvenil de *M. tenellum* es muy similar a la de *M. acanthurus*; el desarrollo larvario de *M. acanthurus* ocupa un período mayor que *M. tenellum*, casi igual al de *M. rosenbergii*. La talla del primer juvenil de *M. rosenbergii* es ligeramente mayor que la de *M. acanthurus* y *M. tenellum*.

De lo anterior se infiere la posibilidad de que *M. carcinus* y *M. americanum* resulten especies ventajosas para el cultivo, toda vez que aun cuando el período larvario es largo, los primeros juveniles son de mayor talla y no se ha demostrado que la mortalidad larvaria sea significativamente diferente.

Cultivo de juveniles

Procedimiento de cultivo y producción de juveniles. Los juveniles, en número de 20, fueron obtenidos en temperatura media de 28.65°C y salinidad media de 12.74°/00; gradualmente fueron acondicionados a salinidad de 0°/00 reduciendo 1°/00 por día; con este procedimiento la

mortalidad fue nula. Los juveniles pequeños fueron cultivados individualmente en una estufa a 30°C y posteriormente confinados también individualmente en acuarios; la concentración de oxígeno se mantuvo alrededor de 4 ppm y el pH cercano a 7.7. La alimentación se resolvió con varios elementos: *Daphnia*, alimentos concentrados de marca comercial (con 35% de proteínas) e hígado seco granulado.

Finalmente se obtuvieron 10 juveniles con peso promedio de 2 g, lo cual significa una supervivencia de 0.26% y un incremento de biomasa en peso igual a 64 veces respecto a la biomasa de las primeras larvas.

Comparación del crecimiento de juveniles entre M. TENELLUM, M. ROSENBERGII y M. AMERICANUM. El crecimiento de *M. tenellum* es menor que el de *M. rosenbergii* y ligeramente superior que el de *M. americanum* (Fig. 8). La información disponible sobre crecimiento de *M. tenellum* no es conclusiva sino preliminar, y proviene de dos fuentes: la información original de este trabajo en los valores menores y la de Sánchez (inédito) en cuanto a los valores mayores. Los datos de *M. rosenbergii* son adjudicados a Víctor Mancebo (Mc Sweeny in Hanson y Goodwin 1977), y aun siendo los más elaborados disponibles, no se consideran óptimos de acuerdo con esos autores, sino que son susceptibles de superación a partir de una mejor nutrición e incluso de un manejo genético conveniente; no obstante ello, estos datos son muy ilustrativos. La recta de crecimiento de *M. americanum* es también preliminar.

Disponibilidad de juveniles de M. TENELLUM. Las operaciones de cultivo de *M. tenellum* pueden partir de organismos derivados de larvas cultivadas o de juveniles recolectados en la naturaleza; la primera alternativa aún ofrece posibilidades

limitadas, toda vez que los niveles de producción son todavía bajos; sin embargo, se prevé que en el futuro la producción controlada de juveniles cobrará importancia. La segunda alternativa, que sólo implica la recolección de juveniles en la naturaleza, en la actualidad puede ser considerada viable, siempre y cuando se cuente con la certeza taxonómica correspondiente.

La recolección de juveniles de *M. tenellum* y de otras especies del género en cuestión, es una práctica con amplias posibilidades; Sánchez (inédito) colectó cientos de juveniles (5 cm-2 g) en la desembocadura del Río San Antonio, El Salvador, y con ellos efectuó experimentos de cultivo en pozas; también los autores de este trabajo han tenido experiencias estimulantes al respecto, en la desembocadura del Río Balsas, México, en donde han logrado capturas muy abundantes, del orden de 20,000 juveniles (1.79 cm, 0.5 g) en 30 minutos de trabajo y con ellos se han realizado ensayos de cultivo extensivo en embalses temporales (Cabrera, Chávez y Martínez, inédito). También ha sido posible la colecta masiva de miles de juveniles de *M. carcinus* (1.31 cm, 0.03 g) en la desembocadura del Río San Carlos, Veracruz, México (Martínez y Chávez, inédito). Además, es conocido el hecho de que el sudeste asiático la colecta masiva de juveniles de varias especies de *Macrobrachium* es práctica común.

Se estima que en las costas de México y en otras áreas tropicales de América, es alta la disponibilidad natural de juveniles de *Macrobrachium* con interés económico, y constituye un recurso aún sub-explotado; hasta ahora no ha sido difícil localizar y capturar grandes cantidades de ellos; sin embargo, cabe señalar que la falta de adiestramiento de los recolectores y la precaria información taxonómica ac-

tual, constituyen un serio factor limitante en la realización a gran escala de operaciones confiables. De superarse las lagunas taxonómicas y técnicas aludidas antes, las ventajas son inmediatas, supuesto que los costos de captura son muy bajos

en comparación con los costos que implican la producción de juveniles derivados de cultivos; esta es una razón por lo cual resulta importante orientar los trabajos de cultivo hacia especies autóctonas en forma prioritaria.

CONCLUSIONES

1) La reproducción de *M. tenellum* en condiciones de laboratorio puede realizarse durante todo el año. La producción media por desove es de 4,650 huevos. Se encontraron desoves sucesivos a los 18, 19 y 38 días; se estimó una frecuencia media de 15 desoves por año con producción anual de huevos en número de 70,000. Se estima que la fecundidad de *M. tenellum* es similar a la de *M. acanthurus* (52,000), no muy lejana de la de *M. rosenbergii* que produce 112,000 huevos al año, pero baja en comparación con la de *M. carcinus* (1.050,000) y *M. americanum* (900,000). Los siguientes valores ambientales fueron convenientes para la reproducción: temperatura entre 25 y 29.5°C, salinidad entre 0.0 y 16‰, concentración de oxígeno disuelto entre 2 y 3.5 ppm y pH entre 7.25 y 8.4.

2) En el cultivo individual de *M. tenellum* se identificaron 12 mudas, pero se estima que puede haber más; cada una de las seis primeras correspondió a un estadio morfológico diferente; de la séptima muda en adelante puede existir una independencia relativa entre las mudas y la morfogénesis, lo cual coincide con la teoría de Knowlton (1974).

Se proponen tres etapas en el desarrollo larvario de esta especie: una con alta supervivencia e incremento de peso y longitud considerable que incluye las dos primeras intermudas; la segunda, caracterizada por alta mortalidad, pequeñas

ganancias de peso y longitud, y abarca las intermudas de la tercera a la sexta, y la última etapa se distingue por una baja mortalidad y nuevamente por una ganancia importante de peso y talla que incluye las intermudas de la séptima a la duodécima. La duración total de la serie larvaria no fue menor de 25 días; las tres últimas intermudas pueden prolongarse considerablemente sin sufrir metamorfosis. Los cultivos individuales se realizaron en 30°C y 12‰.

3) En unidades de cultivo de 12 L, con densidad inicial de 325 larvas/L, un total de 3,900 larvas y después de 63 días, la producción de juveniles de *M. tenellum* fue de 1.6 por litro y un total de 20 juveniles. La supervivencia individual fue del 6.1% y la biomasa disminuyó de 8.2 veces (biomasa inicial 0.312 g biomasa final 0.038 g). Los 20 juveniles fueron cultivados individualmente primero en estufas y después en acuarios; al día 160 del cultivo habían muerto la mitad de ellos, quedando 10 juveniles con peso individual de 2 g. La supervivencia general del cultivo fue, al día 160, de 0.26% y el incremento de biomasa individual a partir de la inicial fue elevada en un factor de 64.

Las condiciones de cultivo, salvo la salinidad, fueron aproximadamente iguales en lo que respecta a temperatura (28.65°C), concentración de oxígeno disuelto (4 ppm) y pH (alrededor de 7.7). La sali-

nidad en el cultivo fue de 12°/100 y los juveniles se cultivaron en agua dulce.

4) Comparando el desarrollo larval de *M. tenellum* con el de otras especies, se identifican dos grupos: uno que incluye a *M. tenellum*, *M. acanthurus* y *M. rosenbergii*, con desarrollo larval corto y juveniles pequeños, y otro grupo que comprende a *M. americanus* y *M. carcinus*, con desarrollo larval prolongado y juveniles grandes.

5) El crecimiento de juveniles de *M. tenellum* es menor que el de *M. rosenbergii* y ligeramente superior que el de *M. americanum*.

6) Se recomienda evaluar el potencial de las especies autóctonas de *Macrobrachium* antes de tomar decisiones que impliquen la dispersión de especies alóctonas en cuencas naturales, vg.: *M. rosenbergii*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Amelia Sámano Bishop las facilidades brindadas en su laboratorio; a los Dres. Carlos Márquez Mayaudon y Leonila Vázquez García, la consecución de los recursos del trabajo; a los Dres. Alejandro Villalobos Figueroa y Rafael Villalobos Pietrini, su

constante estímulo; al P. de M. en C. José Luis García Calderón, y a la P. de Biól. Ma. Elena Cuevas Félix, la prestación de diversos servicios de apoyo. A la Dra. Leonila Vázquez García se agradece también la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ARANA, M. F., 1974. Experiencias sobre el cultivo del langostino *Macrobrachium americanum* Bate en el noroeste de México. *Simposio FAO/Carpas sobre Acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay, 26 de noviembre al 2 de diciembre de 1974. Carpas/6/SR8*: 1-9.
- BARDACH, J. E., J. H. RHYTHER and W. O. McLARNEY, 1972. *Aquaculture the farming and husbandry of fresh and marine organisms*. John Wiley & Sons, Inc. 868 pp.
- BOSCHI, E. E., 1974. Biología de los crustáceos cultivables en América Latina. *Simposio FAO/Carpas sobre Acuicultura en América México*, páginas 315-316, in: Hanson and bre al 2 de diciembre de 1974. *Carpas/6/74/SR 7*: 1-24.
- CABRERA-CANO, G. M., 1976. Experimentación y cultivo del camarón prieto o langostino *Macrobrachium acanthurus* en la Estación de Acuicultura Laguna de los Amates, Tlaxotalpan, Veracruz. *Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tomo 1*: 31-52.
- CABRERA, J., M. GUZMÁN and C. KENSLER, 1977. *Macrobrachium* fishery and market in México, páginas 315-316, in: Hanson and Goodwin 1977. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state-of-the-art reviews and status assessments. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., EUA, 439 pp.
- CHODURY, P. C., 1970. Complete larval development of the palaemonid shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836), reared in the laboratory. *Crustaceana* 18 (2): 113-132.
- , 1971a. Complete larval development of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) reared in the laboratory (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 20 (1): 51-69.
- , 1971b. Laboratory rearing of larvae of the palaemonid shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836). *Crustaceana* 21 (2): 113-126.
- , 1971c. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in salinity and diet (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 20 (2): 113-120.

- DOBKIN, S., W. P. AZZINARO and J. VAN MONTFRANS, 1974. Culture of *Macrobrachium acanthurus* and *M. carcinus* with notes on the selective breeding and hybridization of these shrimps. *Proc. 5th Annual Workshop World Mariculture Society*: 51-62.
- DUGAN, C. C., R. W. HAGOOD and T. A. FRAKES, 1975. Development of spawning and mass larval rearing techniques for brackish freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* (Decapoda Palaemonidae). *Fla. Mar. Res. Pub. No. 12, Fla. Dept. Nat. Res., Mar. Res. Lab., St. Petersburg*, 28 pp.
- FUJIMURA, T., 1966. Notes on the development of a practical mass culturing technique of the giant prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Indo-Pac. Fish. Counc. Proc., 12th Session, Honolulu, Hawaii (IPFC/C66/WP47)*. 3 pp.
- GOODWIN, H. L. and J. A. HANSON, 1975. The aquaculture of freshwater prawns (*Macrobrachium* species). (Augmented summary of Proc. Workshop on culture of fresh water prawns, St. Peterburg Fla.). *The Oceanic Inst. Waimanalo, Hawaii*. 95 pp.
- GUZMÁN, M., J. CABRERA and C. KENSLER, 1977. Notes on *Macrobrachium* species in Mexico. in: *Hanson and Goodwin 1977. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state-of-the art reviews and status assessments*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., EUA, 439 pp.
- HANSON, J. A. and H. L. GOODWIN, 1977. *Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state-of-the-art reviews and status assessments*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., EUA, 439 pp.
- HOLTHUIS, L. B. and H. ROSA, 1965. List of species of shrimps and prawns of economic value. *FAO Fish. Tech. Pap. No. 52*. 21 pp.
- KNOWLTON, R. E., 1974. Larval developmental processes and controlling factors in Decapod Crustacea, with emphasis on Caridea. *Thalassia Jugoslavica* 10 (1/2): 138-158.
- LEWIS, J. B. and J. WARD, 1965. Developmental stages of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1958). *Crustaceana* 9 (2): 137-148.
- LING, S. W., 1969a. Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO, Conferencia Mundial sobre biología y cultivo de camarones y gambas. Ciudad de México, 6/24/67*. 57 (3): 607-619.
- , 1969b. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO, Fish. Rep.* 57 (3): 589-606.
- MARTÍNEZ, L. E., M. PEDINI and M. NEW (inédito). Experimental culture of fresh water prawns (*Macrobrachium acanthurus* in the atlantic coast of Colombia. *Octava Reunión anual de la Sociedad Mundial de Maricultura, Costa Rica, 1977*. 19 pp.
- MIYAJIMA, L. S., 1977. Prawn species for culture, páginas 201-207, in: *Hanson and Goodwin 1977. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state-of-the-art reviews and status assessments*: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., EUA, 439 pp.
- ROMAN, C. R. (Inédito). Contribución al conocimiento de la biología del "Langostino" *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en algunas lagunas costeras de Guerrero, México. Tesis para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F., 1976.
- SÁNCHEZ, C. (Inédito). Desarrollo de juveniles del camarón de río *Macrobrachium tenellum* (Smith) en estanques de arcilla y concreto. 1975. Mimeógrafo.
- , 1976. Desarrollo de *Macrobrachium tenellum*. *Conferencia Técnica de la FAO sobre acuicultura. Kyoto. Japan 26 de mayo al 2 de junio. Exp. pág. 57*. 8 pp.
- SANDIFER, P. A. and T. I. J. SMITH (Inédito). Intensive rearing of postlarval malaysian prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, in a closed cycle nursery system. *8th Annual Meeting World Mariculture Society, San José Costa Rica, 9-13 January 1977*. (Manuscrito).
- SAGAL, E. and A. ROE, 1974. Growth and behavior of post-juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in close confinement. *Proc. 6th Annual Meeting World Mariculture Society*: 67-88.
- SNODGRASS, R. E., 1956. Crustacean metamorphoses. *Smithsonian Misc. Coll.* 131. No. 10: 1-78.
- SPOTTE, S. H., 1970. *Fish and invertebrate culture*. Wiley Interscience. New York. 145 pp.
- ZIELINSKI, P. B. and E. CASTRO, 1974. The evaluation and optimization of *Macrobrachium* shrimp larvae tank designs and support systems. *5th Annual Workshop World Mariculture Society, Charleston, South Carolina*. 41-50 pp.

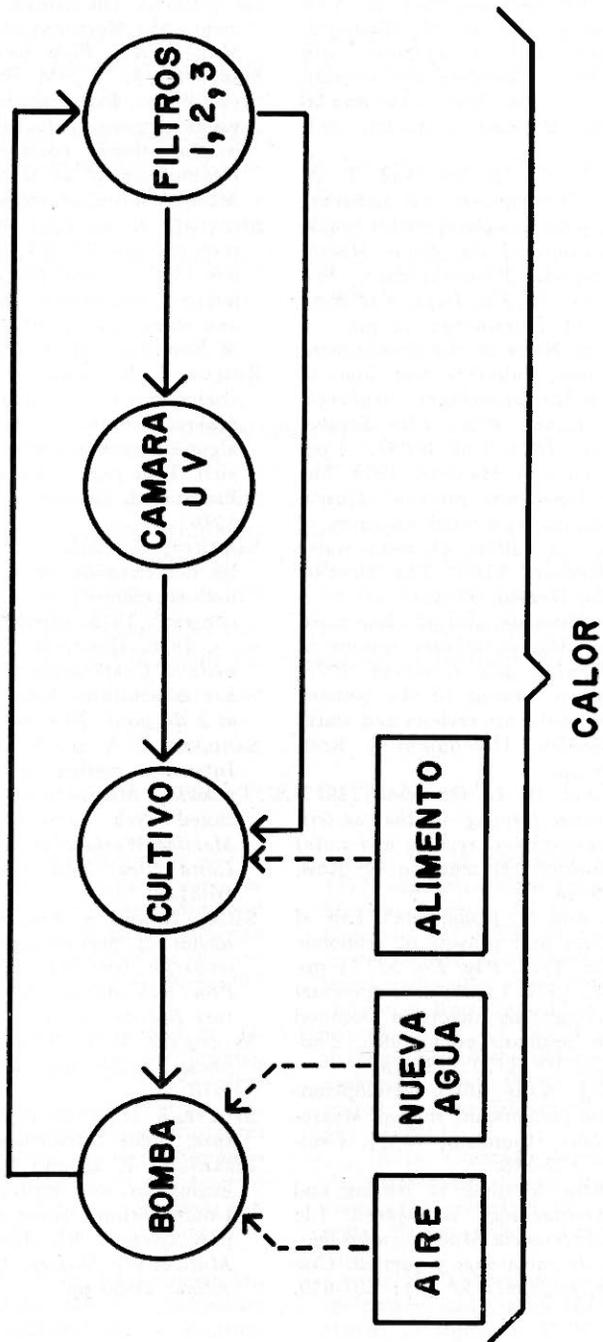


Fig. 1. Sistema de cultivo de plancton empleado para el cultivo masivo de larvas de *Macrobrachium tenellum* (Smith) en el laboratorio.

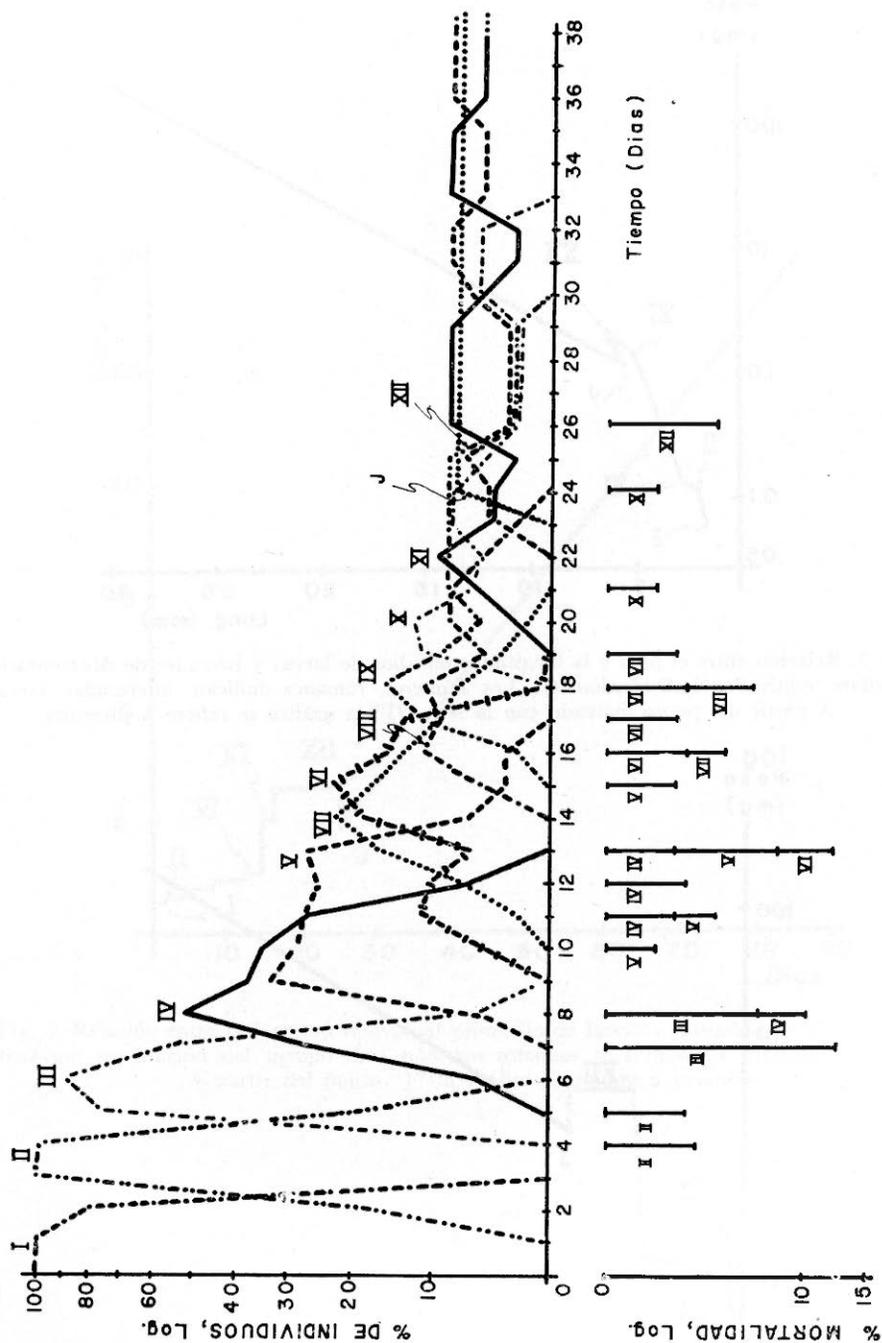


Fig. 2. Promedios porcentuales de supervivencia, mortalidad y duración de las intermudas en el cultivo individual de larvas de *Macrobrachium tenellum*. Los números romanos indican el cultivo individual de las intermudas. La letra "J" se refiere al momento en que aparece el primer juvenil.

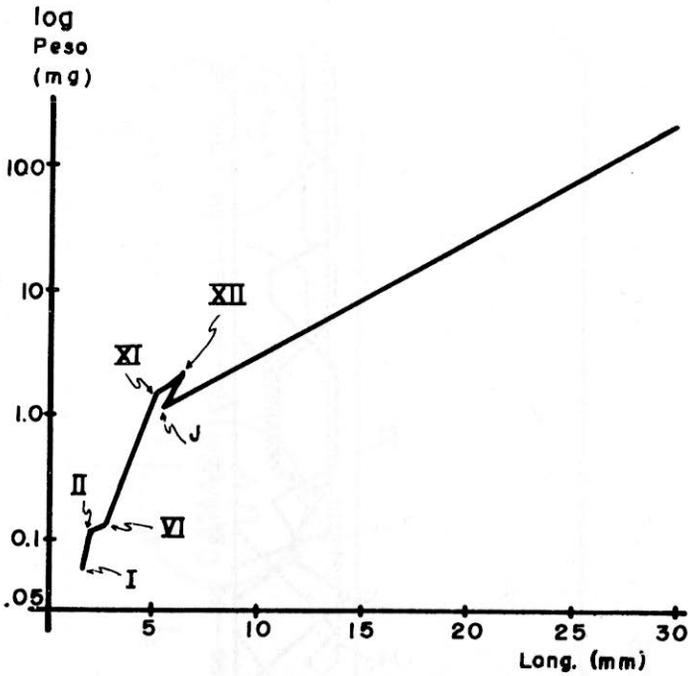


Fig. 3. Relación entre el peso y la longitud promedio de larvas y juveniles de *Macrobrachium tenellum* cultivados individualmente. Los números romanos indican intermudas larvarias. A partir del punto marcado con la letra "J" la gráfica se refiere a juveniles.

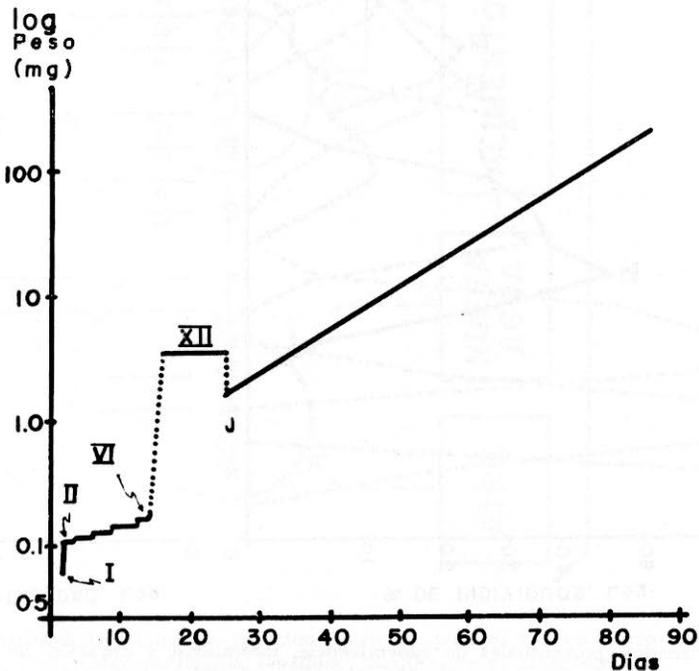


Fig. 4. Relación entre el peso individual promedio de larvas juveniles de *Macrobrachium tenellum* en función del tiempo. Los números romanos indican intermudas larvarias. A partir del punto "J" la gráfica se refiere a juveniles.

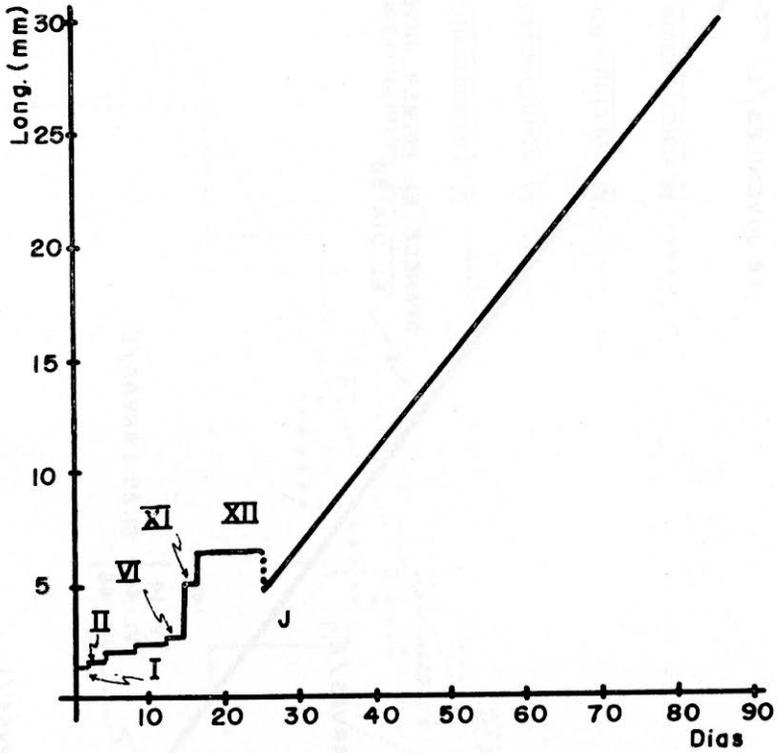


Fig. 5. Relación entre la longitud individual promedio de larvas y juveniles de *Macrobrachium tenellum* en función del tiempo. Los números romanos se refieren a intermudas larvarias. A partir del punto "J" la gráfica se refiere a juveniles.

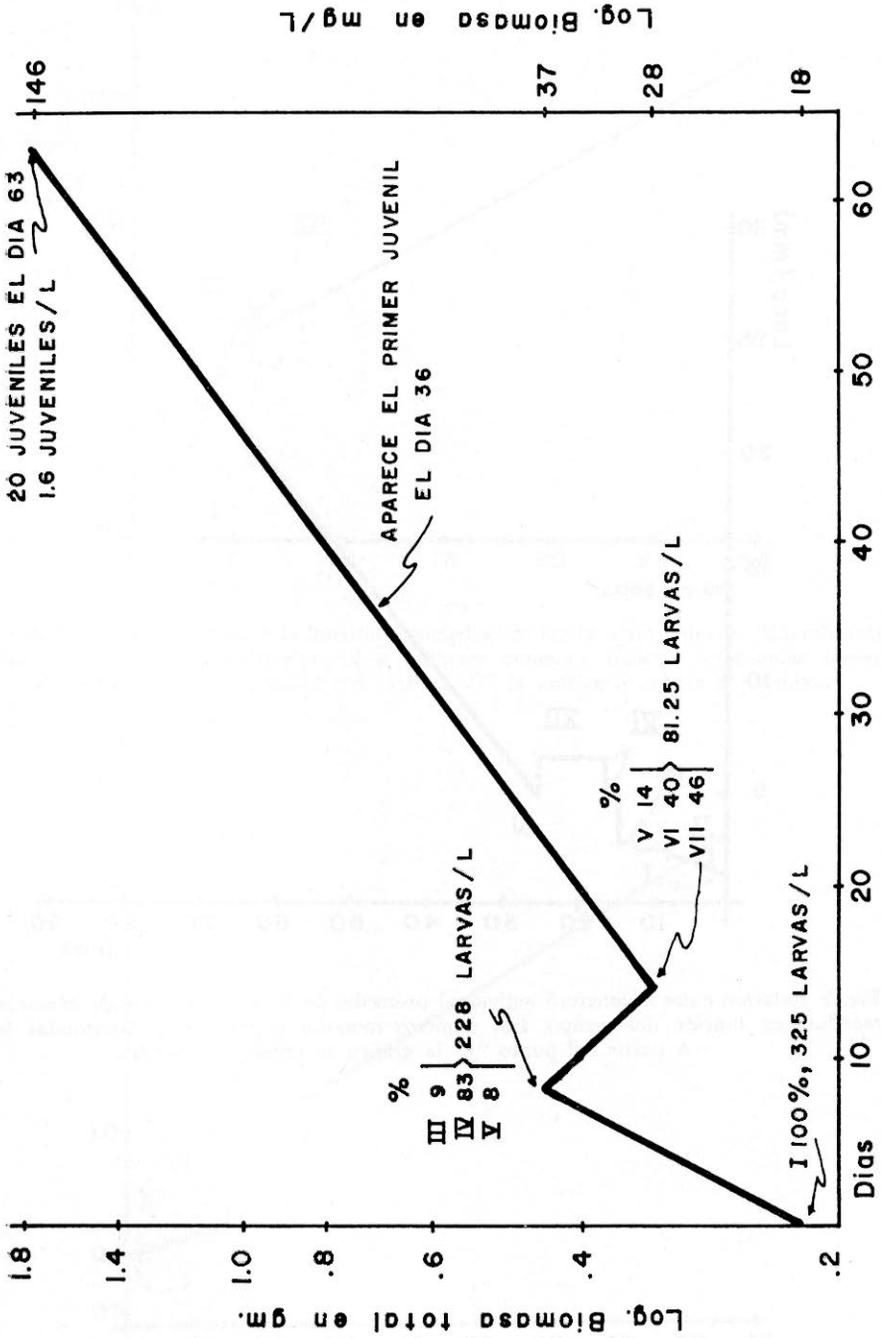


Fig. 6. Producción de larvas y juveniles de *Macrobrachium tenellum* en cultivo masivo, en unidades experimentales de 12 L.

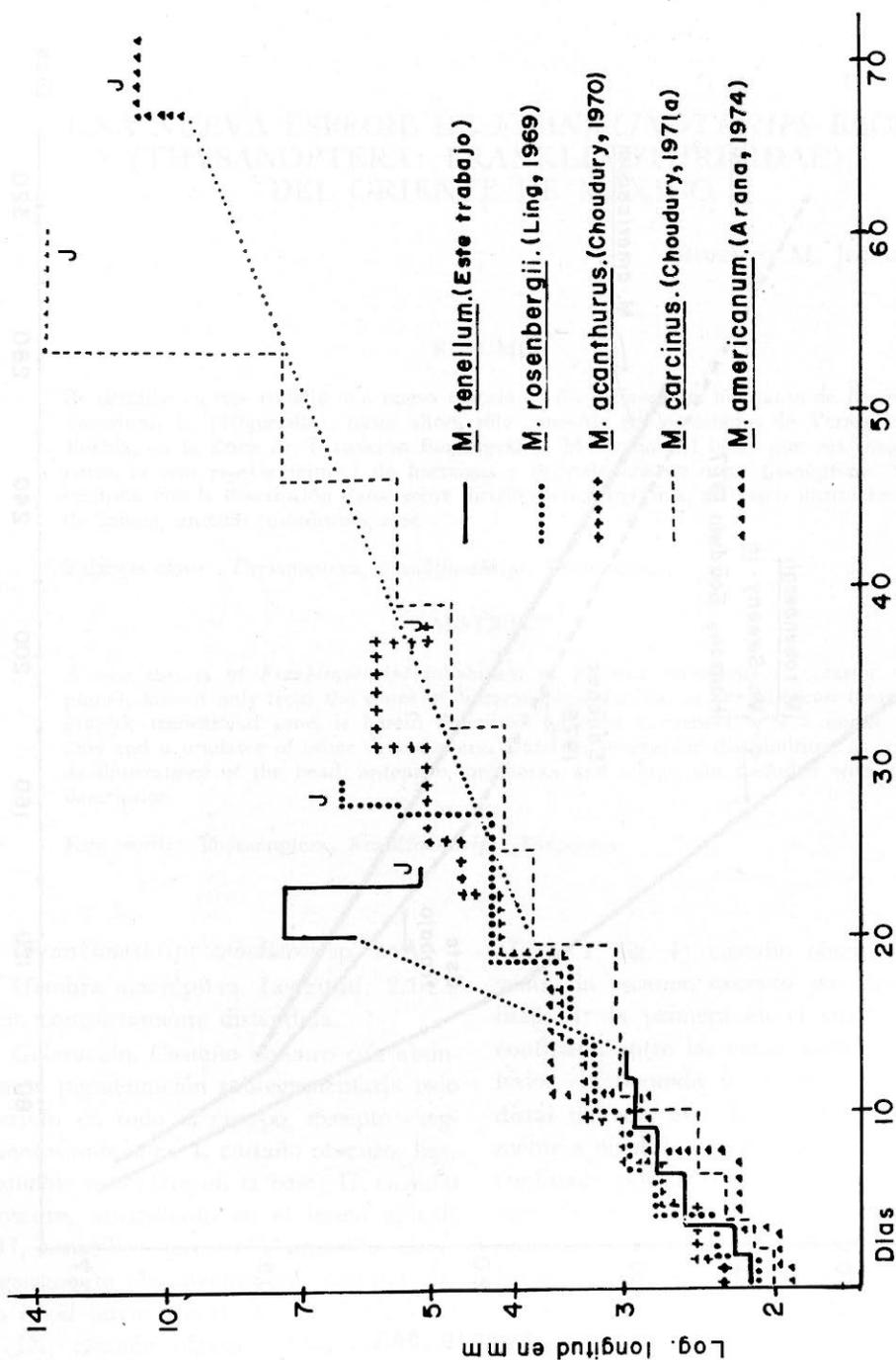
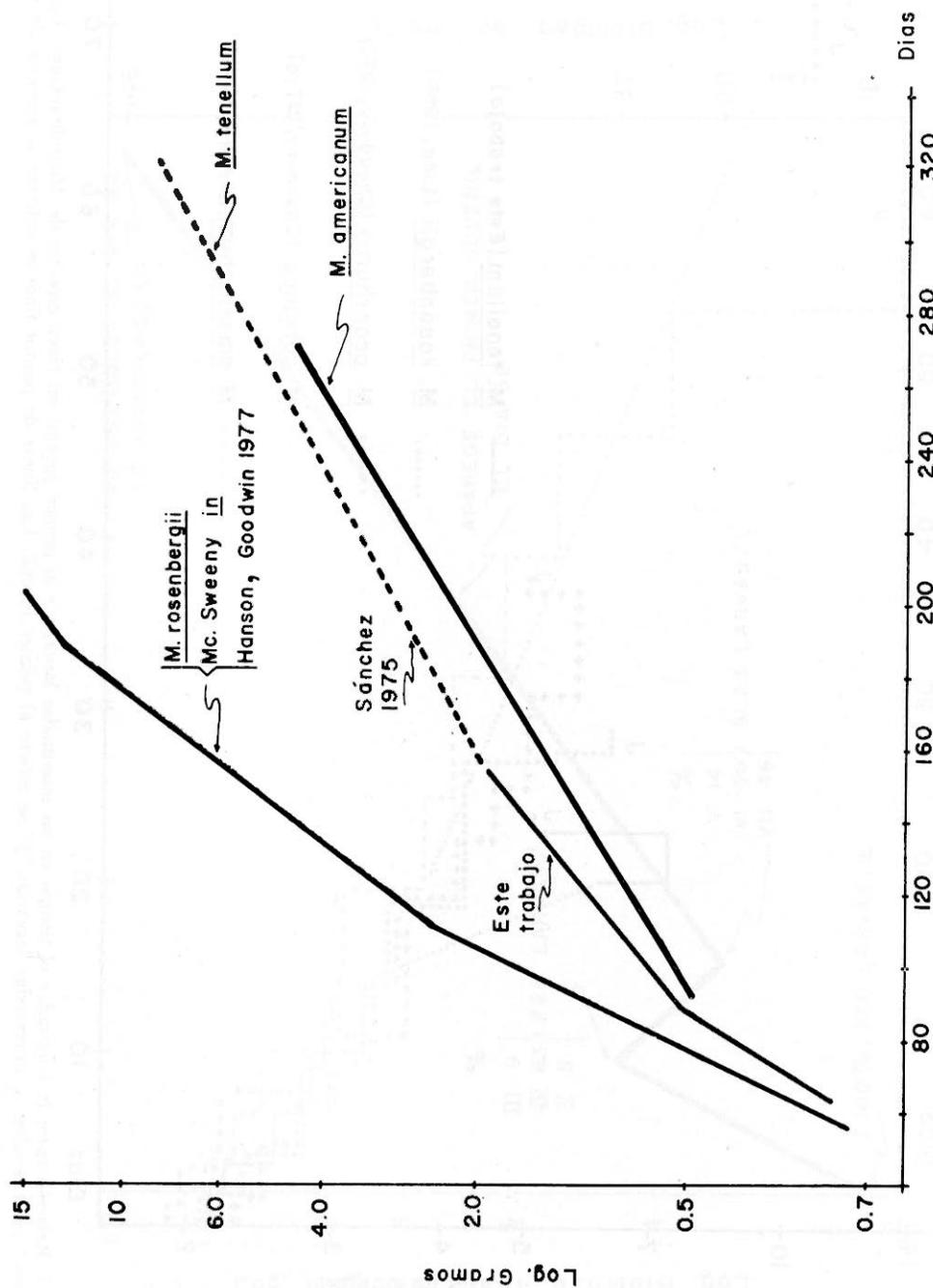


Fig. 7. Relación entre la longitud y el tiempo en las intermudas larvales y el primer juvenil en cinco especies de *Macrobrachium*. Los "es-calones" corresponden a intermudas larvarias. "J" se refiere al primer juvenil. Las líneas de puntos finos se refieren a ausencia de datos.

Fig. 8. Incremento de peso en tres especies de *Macrobrachium*.