

## IV. VIDA LARVARIA DEL MEJILLÓN. EL DESARROLLO LARVARIO DEL MEJILLÓN

JORGE CÁCERES-MARTÍNEZ y ANTONIO FIGUERAS

### IV.1. INTRODUCCIÓN

Los mejillones expulsan sus gametos directamente de los conductos genitales al mar en donde se realiza la fertilización. Las hembras liberan los huevos intermitentemente en cordones de color naranja que rápidamente se tornan esféricos y se disocian en el medio. Su tamaño varía entre 60 y 80  $\mu\text{m}$  y su número depende del estado de madurez de la hembra y no de su talla (Field, 1922; Strathmann, 1987). Una hembra de *Mytilus edulis* de unos 7 cm de longitud total de la concha, puede producir alrededor de  $7,5 \times 10^6$  huevos durante un período completo de desove, mientras que otros ejemplares de tallas similares pueden producir hasta  $40 \times 10^6$  huevos (Thompson, 1979). Los machos expulsan el esperma en corrientes, su color es blanco dando un aspecto lechoso al agua. La ultraestructura del espermatozoide y del huevo las han descrito Bernard (1986) y Humphries (1969). La reacción del acrosoma facilita la penetración del espermatozoide dentro del huevo (Nijima y Dan, 1965).

La vida larvaria se inicia después de que el huevo ha sido fertilizado adquiriendo un diámetro de hasta 90  $\mu\text{m}$  y que se caracteriza por tener un saco vitelino de un grosor entre 0,5 y 1,0  $\mu\text{m}$ . De acuerdo con Widdows (1991) después de 4 a 5 horas (a 18°C), en que han ocurrido una serie de divisiones, aparece un cilio y el embrión es capaz de nadar. El estadio de larva trocófora se alcanza aproximadamente después de 24 a 48 horas de la fertilización; en este estadio se comienza a formar la concha a partir del delgado ectodermo dorsal, la glándula de la concha secreta la primera concha de la larva llamada prodisoconcha I. En este estadio la larva posee una charnela o gozne recto mostrando una forma «D» con un tamaño de 100 a 120  $\mu\text{m}$ . La segunda concha o prodisoconcha II se comienza a secretar dentro de las valvas de la prodisoconcha I; es secretada cíclicamente por el manto

exhibiendo líneas de desarrollo concéntricas y ornamentaciones que la distinguen de la prodisoconcha I. A este estadio también se le conoce como veliconcha o estadio de larva velíger; entre los 15 y 20 días después de la fertilización, cuando la larva velíger ha alcanzado una talla entre las 150 a 160  $\mu\text{m}$ , se forman dos protuberancias o umbos que se curvan hacia la parte posterior de la concha dando origen a la larva velíger umbonada. En total el estadio de larva velíger dura varias semanas, dependiendo de las condiciones ambientales, durante las cuales se da un rápido desarrollo de 120 a 250  $\mu\text{m}$ . La larva velíger tiene una morfología relativamente simple: el velo u órgano ciliado natatorio y que también se usa en la alimentación, intestino funcional y concha. Al alcanzar una talla alrededor de 300  $\mu\text{m}$  de longitud total de la concha, después de 30 a 40 días desde la fertilización, se desarrolla la mancha ocular y el pie. Este estadio es denominado pedivelíger por la coexistencia del velo y pie, y se dice que la larva es competente para iniciar la fijación (Widdows, 1991).

### **Crecimiento y duración de la vida larvaria del mejillón**

En *Mytilus edulis* el desarrollo medido en longitud total de la concha desde la primera prodisoconcha hasta el estadio de pedivelíger generalmente es lineal (Sprung, 1984; Pechenik *et al.*, 1990), con una tasa de desarrollo máxima de 12  $\mu\text{m día}^{-1}$  a 18°C y bien alimentadas. Sin embargo, las curvas de desarrollo tienden a hacerse asintóticas a bajas temperaturas (6°C) y en condiciones de mala alimentación (Sprung, 1984) o cuando las larvas en estadio pedivelíger retardan la metamorfosis por la ausencia de sustratos disponibles para la fijación (Bayne, 1965). En consecuencia la duración de la vida larvaria puede ser de 3 semanas, pero puede extenderse hasta 3 meses.

Si bien un período muy extendido de vida planctónica favorece una amplia dispersión gracias a las corrientes marinas, también tendrá como consecuencia una reducción en las posibilidades de supervivencia (Widdows, 1991) ya que las probabilidades de ser depredado aumentan (Kautsky, 1982).

El éxito para completar este período de vida depende de: a) una adecuada disponibilidad de alimento; b) condiciones ambientales favorables, en especial la temperatura, salinidad, oxígeno y contaminantes; c) predación; y d) contacto con áreas y condiciones favorables para la fijación (Hrs-Brenko 1973, Widdows 1991).

### **Variación estacional de la abundancia de las larvas del mejillón**

El estudio de las fluctuaciones en la abundancia de larvas de mejillón permite, de manera indirecta, conocer los períodos de reproducción de la especie y su duración (Chiperfield, 1953; Seed y Suchanek, 1992). Si bien este conocimiento no es muy preciso, debido a la dispersión de larvas por las corrientes marinas a zonas alejadas de la población que les dio origen, en conjunto con estudios sobre la gametogénesis y la fijación, permite obtener una visión muy completa de la biología

reproductiva y de las primeras etapas de la vida del organismo. Esta información es esencial para la obtención de semilla para cultivos comerciales.

En la mayoría de las regiones, las larvas de *Mytilus* pueden encontrarse durante la mayor parte del año y alcanzan su máximo número durante la primavera y verano (Seed, 1969; Hrs-Brenko, 1973, 1974; Buyanovskii y Kulikova, 1985). Su presencia se corresponde, en consecuencia, con la amplitud del período reproductivo característico de *Mytilus* (Hrs-Brenko, 1973, 1974).

### Estudios del zooplancton y presencia de larvas del mejillón en las Rías Gallegas

En las Rías Gallegas, los estudios sobre zooplancton y en especial sobre larvas de moluscos son particularmente escasos. Carus Falcón (1903) realizó un inventario sobre algunos componentes del zooplancton de la ría de Arosa. Hasta que Vives (1960) retoma esta investigación sobre el zooplancton superficial de la ría de Pontevedra no se realizaron trabajos sobre este tema. A continuación Corral (1972); Corral y Spohor (1976) y Álvarez-Osorio (1977) realizan diversos trabajos sobre copépodos y Alcaraz (1977) sobre técnicas de colecta de zooplancton.

Corral y Álvarez-Osorio (1978) estudiaron la composición y distribución espacial y temporal del zooplancton en la ría de Arosa, encontrando que la presencia de larvas de lamelibranquios en general es abundante en primavera y finales del verano, especialmente en la zona interna de la Ría. Posteriormente Domínguez y Alcaraz (1983) identifican las larvas de moluscos lamelibranquios de la ría de Pontevedra; apuntando que si bien la morfología de la charnela es muy característica para la familia Mytilidae, la identificación a nivel de especie es difícil, así que la forma encontrada se asignó a *Mytilus galloprovincialis* por la extraordinaria abundancia de esta especie en la Ría. Alcaraz y Domínguez (1985) estudiaron el ciclo anual de abundancia de larvas de lamelibranquios en la ría de Pontevedra. Encontraron que *Mytilus galloprovincialis* fue, junto *Cerastoderma edule* la especie más abundante. La mayor densidad de larvas se observó durante la primavera y el verano, con un pico de abundancia en el mes de julio. En agosto sufrió un brusco descenso, aunque no desapareció del todo hasta diciembre.

En cuanto a estudios de laboratorio sobre la vida larvaria de *Mytilus galloprovincialis* en la zona, se tiene como antecedente el trabajo de Aguirre (1979) que logró con éxito el mantenimiento de larvas desde la fertilización hasta la fijación. El crecimiento, las fases larvarias y su duración, fueron prácticamente las mismas que se han descrito para *Mytilus edulis* (Field, 1922; Bayne, 1965; Widdows, 1991).

## IV.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de minimizar los problemas de muestreo de zooplancton determinamos la abundancia de larvas de mejillón en la ría de Vigo mediante la filtración de

volúmenes de agua obtenidos mediante una bomba de succión sumergible y bidones de plástico de 25 l.

El muestreo se realizó cada mes entre octubre de 1991 y mayo de 1993 en las localidades: litoral de Cabo Home y San Adrián; polígono de bateas de Liméns y de San Adrián. En las zonas litorales (Cabo Home y litoral de San Adrián) se filtraron por gravedad entre 25 y 50 l de agua de mar tomada de la superficie de las inmediaciones de los bancos de mejillón durante la bajamar. En las cuatro localidades se tomaron registros de salinidad, con un refractómetro portátil con compensación de temperatura (Aquafauna, 0-100 ppm), y de temperatura con un termómetro manual 0-50°C.

Las muestras obtenidas en cada una de las localidades se fijaron en una solución de metanol al 70% inmediatamente después de filtrarla, para su posterior análisis. Las larvas se separaron de la muestra mediante una micropipeta, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 10% para eliminar la materia orgánica (ligamento y partes blandas de la larva), limpiar y separar las valvas. Posteriormente se sumergieron varias veces en agua destilada para eliminar el hipoclorito de sodio. Si las valvas no se separaban espontáneamente, el proceso se aceleraba empleando una aguja enmangada. Las valvas se colocaron con la ayuda de una micropipeta sobre un portaobjetos. Se usó gelatina glicerizada como medio de montaje.

La identificación de larvas veliger o «larvas D» a nivel de género y especie es muy difícil o prácticamente imposible (Rees, 1950; Loosanof *et al.*, 1966; Domínguez y Alcaraz, 1983) por lo que, para la interpretación de resultados, éstas se agruparon en términos generales como larvas «D» de moluscos bivalvos.

La identificación fue posible a partir de los estadios de larva umbonada y pedivelíger a nivel de género (*Mytilus*) utilizando las claves y observaciones de Rees, 1950; Lutz y Hidu, 1979; Le Pennec, 1978, 1980. Las medidas utilizadas para la identificación fueron la longitud total, ancho, altura de la concha la ornamentación de la prodisoconcha I, especialmente característica en *Mytilus* (Werner, 1939; Lehnberg y Theede, 1979) y medidas y dentición de la charnela. La identificación de larvas competentes y especialmente de post-larvas es más sencilla tomando en cuenta las mismas características ya señaladas.

Para la interpretación de resultados se diferenciaron larvas «D», larvas velíger umbonadas y pedivelíger (> 200 µm de longitud total de la concha) y, post-larvas (> 470 µm de longitud total de la concha). El límite de la talla inferior de este último grupo se determinó en función de los valores de talla (longitud total de la concha) máximos registrados para larvas pedivelíger competentes de *Mytilus edulis* (Rees, 1954; Bayne, 1965; Widdows, 1991).

Para comparar la abundancia de larvas en las diferentes localidades, se utilizó un test de Kruskal-Wallis (ver Podniesinski, 1986), seguido de un test de comparación tipo Tukey cuando las diferencias fueron significativas (Zar, 1984). Se hicieron además test de «T» para comparar la composición de tallas entre localidades y ANOVAS de una vía para comparar los registros de salinidad y temperatura en las distintas localidades (Sokal y Rohlf, 1979).

### IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedio del número de larvas y post-larvas obtenidas en los polígonos de bateas (zonas pelágicas de la Ría) se muestran en la Figura IV.1A. La presencia de larvas «D» se detectó la mayor parte del año y fue la más abundante, la presencia de larvas pedivelíger y de las post-larvas fue muy escasa. El valor máximo en abundancia de larvas «D» ocurrió entre finales del invierno y principios de primavera (febrero-marzo), hasta inicios del verano (julio). Los registros de larvas pedivelíger ocurrieron unos 30 días después del valor máximo en abundancia de larvas «D». El número de post-larvas en el plancton de estas localidades es muy escaso y esporádico, cuando ocurrieron, se registraron, entre unos 30 y 60 días después del registro de las mayores abundancias de larvas pedivelíger.

Los resultados promedio del número de mejillones obtenidos en las zonas litorales de la Ría se muestran en la Figura IV.1B. En este caso las larvas «D» son escasas, sus incrementos coinciden con los detectados en las zonas de bateas. Por el contrario la presencia de larvas pedivelíger y post-larvas fue más abundante y ocurrió entre 60 y 90 días después de que se detectaron los picos en abundancia de larvas «D» en las cuatro localidades (bateas y litorales).

El análisis estadístico de la abundancia de las larvas «D» en las cuatro localidades estudiadas confirmó que éstas fueron mucho más abundantes entre los polígonos de bateas que en las zonas litorales (Test de Kruskal-Wallis,  $H = 9.931$ ,  $p < 0,02$ , seguido por una comparación tipo Tukey), y que la abundancia de larvas pedivelíger y post-larvas es mayor en los litorales, en especial en el litoral de Cabo Home, que en las bateas (Test de Kruskal-Wallis,  $H = 11.423$ ,  $p < 0,01$ , seguido por una comparación tipo Tukey). Estas diferencias también muestran que en las localidades del interior de la Ría: litoral y polígono de bateas de San Adrián, el número total de larvas y post-larvas fue menor que en las correspondientes localidades del exterior de la Ría: litoral de Cabo Home y Polígono de San Adrián.

Las tallas de larvas pedivelíger obtenidas en los polígonos de bateas en Li-méns y San Adrián fluctuaron entre 0,200 mm y 0,400 mm y de forma esporádica y ocasional se detectaron post-larvas con tallas entre 0,500 mm y 1.000 mm. En los litorales de Cabo Home y San Adrián las tallas variaron entre 0,225 mm y 2.100 mm. Estas diferencias entre las localidades litorales y las de cultivo fueron estadísticamente significativas ( $T = 7.338$ ,  $p < 0,01$ ).

En la Figura IV.2, se muestra la distribución de frecuencias de tallas de larvas pedivelíger y post-larvas durante el período de mayor incidencia de las mismas en Cabo Home y Litoral de San Adrián durante el período de mayor incidencia. En Cabo Home, el mayor número de las larvas pedivelíger se detectó en julio y agosto, y entre septiembre y octubre se apreció una mayor dispersión de tallas hacia la derecha (post-larvas). En el litoral de San Adrián se aprecia una situación similar en julio aunque en agosto las larvas pedivelíger disminuyen. En septiembre y octubre las larvas pedivelíger desaparecen y se llegan a encontrar algunas post-larvas.

Considerando los máximos de abundancia de larvas «D», larvas pedivelíger y post-larvas obtenidas en nuestros estudios, estimamos que la duración de la vida larvaria de *Mytilus galloprovincialis* de la ría de Vigo en condiciones naturales es de 30 a 60 días (Cáceres y Figueras, 1997). Esta duración queda dentro de los límites de duración de vida larvaria que se han descrito para *Mytilus edulis* en diferentes regiones del mundo (Widdows, 1991) y un poco superior a la duración de la vida larvaria (50 días) de *Mytilus galloprovincialis* estimada en laboratorio (Aguirre, 1979).

Nosotros encontramos un pico en abundancia de larvas «D» que se extiende entre el inicio de la primavera y el verano, correspondiéndose con los resultados de Corral y Álvarez-Osorio (1978) y Alcaraz y Domínguez (1986) para las rías de Arosa y Pontevedra. Sin embargo, en los estudios citados no se presenta un análisis en la composición de tallas de las larvas que nos pudiese indicar si, como en nuestro caso, los estadios de larva pedivelíger y post-larva son escasos y aparecen al final de la ocurrencia de los máximos de abundancia de larvas del mejillón en el plancton.

En la ría de Vigo la presencia de larvas «D» durante casi todo el año, con su mayor abundancia entre marzo y julio, indica una continua emisión y fertilización de gametos lo cual coincide con un período reproductivo muy extendido durante el año y con una emisión de gametos máxima entre primavera y principios del verano como en el caso de *Mytilus edulis* en diferentes localidades de Europa y el mundo (Hrs-Brenko, 1973, 1974). Evidentemente la correspondencia no es exacta poniéndose de manifiesto diferencias interanuales, pero que se corresponden respecto a estaciones o épocas.

Un hecho fundamental que parece influir sobre la observación de un segundo período reproductivo en el otoño, basándose en la observación de fijaciones durante esa época en zonas rocosas, como lo menciona Andreu (1954, 1958), está relacionado con la dispersión de post-larvas después de que se han establecido sobre el sustrato y han sufrido la metamorfosis (Maas Geesteranus, 1942; Verwey, 1952; De Blok y Geelen, 1958; Bayne, 1964).

Hemos detectado, la presencia esporádica y en reducido número de post-larvas en las muestras obtenidas en las zonas de cultivo (zonas abiertas con profundidades entre 15 y 20 m), mientras que éstas fueron mucho más abundantes en las zonas litorales, y a finales del verano y principios del otoño. Esta situación muestra dos aspectos fundamentales sobre las características y adaptaciones del mejillón durante su vida larvaria y post-larvaria: el primero, que las larvas «D» están completamente adaptadas a la vida planctónica, sus estructuras y características: velo, peso, forma, capacidad natatoria, las confiere justamente a una vida flotante cerca de la superficie (Bayne, 1976), por lo cual se encuentran en la zona pelágica; el segundo, que a partir del estadio de larva pedivelíger se da una disminución o pérdida de la capacidad natatoria, se presenta un fototactismo negativo y un geotropismo positivo que las dirige hacia el fondo (Bayne, 1965, 1976). Como post-larva, todas sus estructuras se han adaptado a la vida bentónica y en consecuencia se encontrará cerca del fondo o los litorales donde es su hábitat natural. En él, las post-larvas están expuestas al choque del oleaje y a la acción de las co-

rientes, sobre todo en zonas de fuerte exposición al oleaje. Como consecuencia pueden estar sujetas a una continua dispersión.

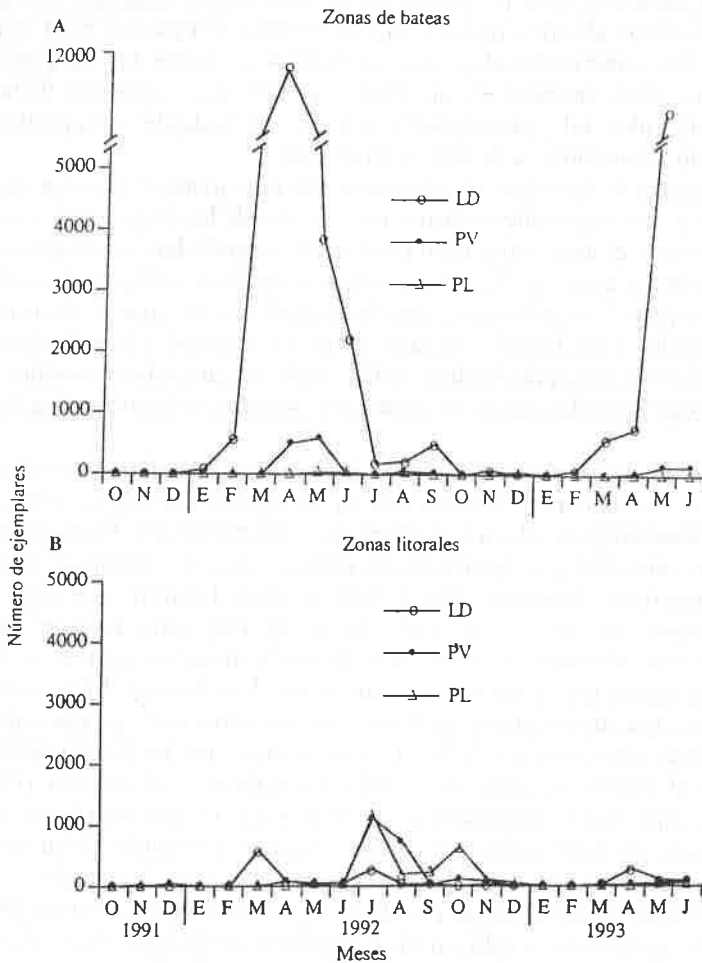
El alcance de dicha dispersión parece estar limitado por la fuerza de las corrientes y las características de la post-larva: peso, talla, forma y, adaptaciones para la vida planctónica. Estas últimas han desaparecido, pero en contraparte la secreción de un filamento mucoso y largo aumenta sus posibilidades de flotación (Sigurdson *et al.*, 1976; Lane *et al.*, 1985). Según los resultados de este estudio, así como los de Bøhle (1971), Hrs-Brenko (1973) y Kautsky (1982) que coinciden en la escasa o nula presencia de post-larvas de mejillón en muestras de plancton en zonas abiertas (pelágicas), la distribución parece estar restringida a una escala más o menos local, y cerca del litoral, a menos que las corrientes sean lo suficientemente fuertes para arrastrar a las post-larvas grandes distancias y en grandes cantidades, tal y como puede ocurrir con cualquier otra partícula, viva o no, con o sin filamentos, a la deriva en el mar.

Como resultado de dichas dispersiones, pueden aparecer post-larvas en ciertas localidades y especialmente en zonas rocosas donde las dispersiones son frecuentes, durante todo el año, sobre todo en el otoño cuando hay un empeoramiento en las condiciones marítimas. Es muy común en las Rías gallegas observar a finales del verano y principio del otoño, grandes cantidades de algas y otros organismos sésiles arrojados a los litorales durante esta época del año. Este hecho podría explicar las observaciones de Andreu (1954, 1958) sugiriendo erróneamente la ocurrencia de una segunda puesta en otoño con fijación exclusiva sobre las rocas del litoral.

El hecho de que se muestra una mayor abundancia en el número total de larvas y post-larvas en las zonas externas que en las internas de la Ría, puede deberse a una mortalidad diferencial o a la influencia de las corrientes. En el primer caso los registros de salinidad y temperatura en ambas zonas no muestran una diferencia estadísticamente significativa. Por lo tanto es difícil asumir que alguno de estos factores favoreciera una mortalidad diferencial. Hay otros factores que podrían favorecer estas diferencias, tales como la contaminación o la depredación. Sin embargo un factor que parece contribuir a una distribución diferencial de larvas entre la zona interna y externa de la ría son las corrientes, ya que mantienen un flujo constante que entra por la boca sur de la ría y que luego es impulsado hacia afuera por el aporte de agua dulce del río Oitabén en el interior (Prego *et al.*, 1990). Esta circulación arrastraría a las larvas hacia las zonas externas de la Ría.

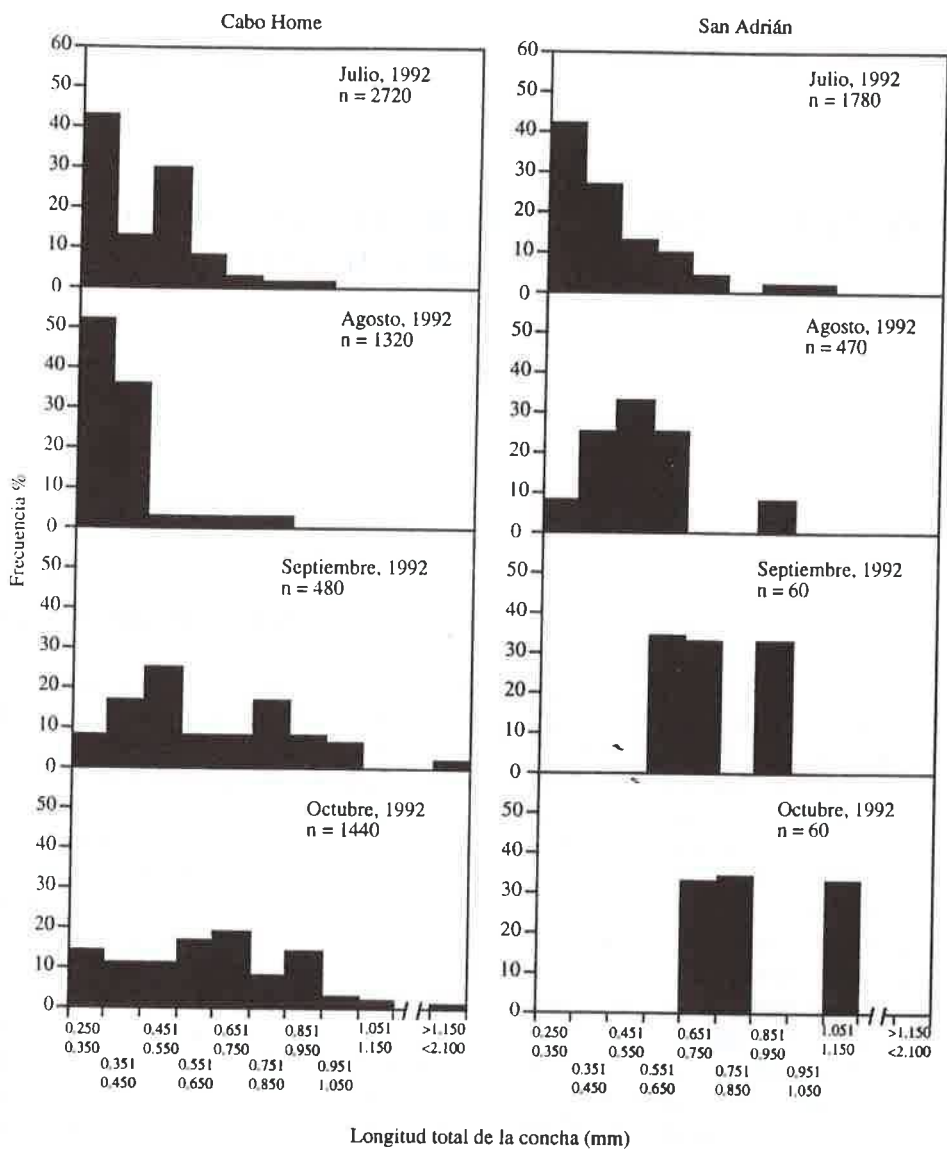
Reuniendo los datos sobre desarrollo gonadal y presencia de larvas en el zooplancton podemos afirmar que: el período reproductivo (liberación de gametos y fertilización) del mejillón en las Rías de Vigo es el característico para *Mytilus edulis* y *Mytilus galloprovincialis* en otras regiones de Europa (Reino Unido, Francia). Es decir, puede haber emisiones de gametos y fertilización durante todo el año, pero su mayor abundancia ocurre entre principios de primavera y verano. La presencia de larvas «D» ocurre de manera simultánea en el período reproductivo descrito, mientras que las larvas pedivelíger y post-larvas ocurre entre finales del verano y principios del otoño, principalmente en las zonas litorales. Esto está de acuerdo con las características propias de la forma de vida de las larvas compe-

tentes y las post-larvas que las confieren a ese tipo de hábitat. Se pueden encontrar post-larvas en el plancton de zonas abiertas, aunque, en muy escasa abundancia. Sin embargo son frecuentes en muestras de plancton de las zonas litorales y especialmente en litorales expuestos. Estos hechos parecen ser el resultado de la dispersión de las post-larvas por el oleaje y las corrientes. La aparición de post-larvas en litorales rocosos durante el otoño y aún en invierno, no se debe a una nueva puesta sino a la dispersión de post-larvas durante esas épocas.



**Figura IV.1.** Promedio mensual del número de larvas «D» (LD), larvas pediveliger (PV) y postlarvas (PL) de mejillón obtenidos en las zonas de bateas Limens y San Adrián (A) y en los litorales de Cabo Home y San Adrián (B).





**Figura IV.2.** Distribución de frecuencias de tallas en los litorales de Cabo Home y San Adrián en la época de mayor incidencia de larvas pediveliger y postlarvas.