

Primeros antecedentes sobre fuerza del biso y capacidad de desplazamiento en cholga *Aulacomya ater* (Molina, 1782) (Mollusca, Mytilidae)

First antecedents about strength of the byssus and displacement capacity in "cholga" *Aulacomya ater* (Molina, 1782) (Mollusca, Mytilidae)

Cristián Hernández y Raúl Becerra*

Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Sma. Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile.

*) Dirigir correspondencia

ABSTRACT

The adhesion strength of the "cholgas" byssus was analyzed, due to the importance in its life history in natural as well as aquaculture environment. In addition, displacement capacity was registered in vertical glass column for three ranges of length (R1 > 0 to ≤ 1 cm; R2 > 1 to ≤ 2 cm; R3 > 2 to ≤ 3 cm). The strength data were analyzed through lineal regression for the relation between byssus v/s length of the shell, and through a polynomial for the strength of the byssus for centimetres of shell v/s shell length. The two curves obtained show a positive slope significant different from zero. In the first curve, exists an increase of the strength up to almost zero in individuals of 1 cm to 19,600 (din) equivalent to 20 (g) of mass in individuals of 10 cm. In the second curve a strength of 1,960 (din) equivalent to 2 (g) of mass is obtained in individual of 6.0 cm to 7.5 cm. In individual of 7.5 cm the strength decreases. On the other hand, the displacement capacity showed by lineal regression between the height reached v/s time, shows a significant and positive relation, the major displacement velocity was found in R1 (15.0 X 10⁻³ CM s⁻¹), the R2 and R3 ranges showed displacement velocity of 3.3 x 10⁻³ cm s⁻¹, respectively. The results of adhesion strength of the byssus and the displacement capacity may suggest some explanation about the behaviour observed in bivalve systems of culture.

Key words: Bivalve, mussel, foot, rope culture, ecology, Chile.

RESUMEN

Se analizó la fuerza de adhesión del biso para *A. ater*, debido a la importancia que esta estructura posee en su historia de vida, tanto en ambiente natural como en cultivo. Además, se registró la capacidad de desplazamiento en columnas verticales de vidrio para tres rangos de talla (R1 > 0 a ≤ 1 cm; R2 > 1 a ≤ 2 cm; R3 > 2 a ≤ 3 cm). Los datos de fuerza fueron analizados a través de regresión lineal para la relación entre fuerza por biso v/s largo de las valvas, y a través de una polinomial para la fuerza por biso por centímetro de valva v/s largo de las valvas. Las dos curvas obtenidas muestran pendiente positiva significativamente distinta de cero. En la primera, existe un aumento de fuerza desde prácticamente 0 en individuos de 1 cm hasta las 19.600 (din) equivalentes a una masa de 20 g en individuos de 10 cm. En la segunda se alcanza una fuerza de 1.960 (din) equivalentes a una masa de 2 g en individuos de 6,0 cm a 7,5 cm de talla; para individuos de tamaño superior a 7,5 cm la fuerza disminuye. Por otra parte, el desplazamiento mostrado mediante regresión lineal, entre altura alcanzada v/s tiempo, muestra relaciones positivas y significativas, la mayor velocidad se encontró en R1 (15,0 x 10⁻³ cm/s), los rangos R2 y R3 poseen velocidades de desplazamiento de 3,3 x 10⁻³ cm/s y 3,0 x 10⁻³ cm/s, respectivamente. Los resultados de fuerza de adhesión del biso y capacidad de desplazamiento permiten sugerir algunas explicaciones sobre conductas observadas en sistemas de cultivo.

Palabras clave: Bivalvo, mitilido, pie, encordado, ecología, Chile.

INTRODUCCION

Los mitílidos en general, se caracterizan por producir biso desde la fase de postlarva (Lane *et al.* 1985), por lo que se han definido como habitantes de fondo fijos u organismos "sésiles" (Coll 1990). El cultivo de bivalvos que presentan biso se realiza en cuerdas de cultivo (sistemas de encordado) (Andreu 1968, Santa Cruz 1976), donde se aprovecha la capacidad que poseen para fijarse al sustrato. En relación al biso Allen *et al.* (1976) ha descrito dos tipos de fibras bisales: una compleja, la cual consta de estructura interna compuesta por una serie de pequeños filamentos con una placa de adhesión terminal, donde se ha identificado una proteína polifenólica que incluye 3-4 Dihidroxi Fenil Alanina (Waite 1983, 1986); y otra simple, sin estructura interna ni de fijación, presente antes de la fijación.

La importancia del biso en mitílidos comienza desde la joven postlarva (Plantígrado), a la que una fibra simple le serviría como facilitador de la dispersión en la columna de agua. Lane *et al.* (1985) denomina este proceso "deriva del biso" y lo evidenció en *Mytilus edulis* (L.). Este autor postula que la rápida secreción de la fibra bisal simple en la joven post-larva, sería una estrategia que le serviría para prolongar su dispersión en la columna de agua en ambientes marinos turbulentos. Lee *et al.* (1990), plantea la notable importancia de la secreción, fuerza y número de bisos en semillas de *M. edulis*, por ser características que determinan la resistencia del chorito a factores abióticos (tormentas, corrientes fuertes) y bióticos como la depredación que ejercen ciertos gastrópodos (Petraitis 1987), pues estos factores en condiciones extremas

pueden provocar el desprendimiento y eventual muerte del chorito, ya sea en sistemas de cultivo o bancos naturales.

Hoy se conoce que la formación del biso depende de la presencia de Ca^{+2} y Mg^{+2} , además, se ha observado que existe un recambio de aprox. 30% de fibras útiles cada 24 horas, según lo propuesto por Allen *et al.* (1976). Entre los factores que podrían influir en la secreción de las fibras bisales se encuentran: en primer lugar los químicos, destacando los pesticidas que inhiben la formación de éstos (Roberts 1975); y en segundo lugar las temperaturas, de hecho en laboratorio se ha observado que a mayor temperatura la secreción de bisos aumenta hasta una temperatura cercana a la letal, en cuyo caso se inhibe su formación (Young 1985). Otros factores como la salinidad afectan directamente la fuerza del biso, pues se ha observado que a menor salinidad, menor es la fuerza del biso (Young 1985); también se ha evidenciado que en el agua la fibra bisal es el doble de elástica que en el aire, pero dos veces más débil (Smeathers & Vincent 1979). Cabe destacar que un chorito con 50 bisos es capaz de resistir una corriente de 5,7 metros por segundo, valor de velocidad que sólo se excede en caso de una tormenta fuerte (Lee *et al.* 1990).

Por la importancia del biso, ya señalada, se ha considerado necesario realizar estudios que describan las características del biso en especies mitiliformes de importancia comercial tal como *Aulocomya ater*, pues de esta estructura depende en gran medida su sobrevivencia. En general, para esta especie no existe información sobre las facultades del biso, por lo que nos parece importante aportar

al conocimiento de esta estructura, en lo referido a la fuerza que posee.

Otro aspecto que merece revisión experimental es el estudio de su capacidad de desplazamiento, pues aunque se define como organismo sésil (debido a que puede fijarse al sustrato mediante el biso y a su reducido pie), sí se ha evidenciado desplazamiento en mitflidos como el chorito en el que existe un movimiento que se lleva a cabo fijando y soltando bisos en forma sucesiva (Mahéo 1970). En *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) también se ha informado una conducta parecida, pero que difiere, pues esta especie suelta la columna con los bisos de fijación para luego formar más bisos en un nuevo punto de fijación, con lo que logra avanzar en pasos sucesivos (Vergara *et al.* 1983).

Para aportar al conocimiento de estas importantes facultades de la Cholga (fuerza del biso y capacidad de desplazamiento) en el presente trabajo se han planteado las siguientes preguntas: (a) ¿Cuál es la fuerza de adhesión del biso para diferentes tallas en *A. ater*?; ¿Cuál es la capacidad de movimiento de *A. ater* y la velocidad de desplazamiento que tiene en diferentes tallas?.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con 111 cholgas provenientes de Lirquén (Lat. 36° 40' S.; Long. 72° 50' W) (VIII Región) que variaban entre 0,4 cm a 10,2 cm de talla, luego de su extracción se trasladaron hasta el laboratorio para su aclimatación durante 5 días, repartidas en números iguales (10 ú 11) en 10 acuarios de 12,5 l (25x25x20), con agua de mar filtrada y recambio diario de ésta. La aireación fue constante, la temperatura fue de $15 \pm 1^\circ\text{C}$ y se alimentaron diariamente con microalgas a partir del segundo día.

Transcurrido el período de aclimatación, se procedió a cortar los bisos formados por todos los individuos con un bisturí a la altura del borde de las valvas, y los organismos fueron trasladados a acuarios donde se había instalado placas individuales de vidrio sobre las cuales se pusieron los individuos bajo las mismas condiciones de aclimatación durante un día, después del cual se procedió a medir la fuerza de adhesión de los bisos formados por cada individuo en las placa de vidrio, para esto se contó con dos resortes (dinamómetro); uno con una constante de estiramiento $K=2.130$ (din/cm) hasta una elongación menor a los 36 cm y otro con una constante $K=11.000$ (din/cm) hasta una elongación menor a los 54 cm. El dinamómetro usado era unido mediante un hilo quirúrgico de alta resistencia a las valvas, amarradas con un lazo desde la zona ventral a la dorsal (Fig. 1).

Montado este sistema fuera del agua, se procedió a anotar el punto inicial (X1) de estiramiento vertical del resorte como aquel en que se levantaba al individuo y los bisos adquirían un mínimo de tensión, momento en el cual la fuerza ejercida por el resorte es igual al peso del organismo y la fuerza resultante es cero; luego se estiró el resorte hasta lograr el desprendimiento del individuo, midiendo el estiramiento final (X2) del resorte para lograr el desprendimiento, momento en el cual la fuerza ejercida por el resorte es igual a la fuerza necesaria para desprender los bisos. Este valor se multiplicaba por la constante de estiramiento del resorte (K) obteniendo la fuerza en dinas $(X2-X1) * K = \text{dinas}$, valor que puede ser transformado a su equivalente en gramos al dividir por la aceleración de gravedad (dinas/g). La fuerza fue expresada por cada biso para las diversas tallas. Además, se estandarizó la fuerza por biso por centímetro

de valva de cada individuo. Para inferir la fuerza de adhesión del biso se escogió aquellas relaciones gráficas que mostraron mayor coeficiente de determinación (r^2), tanto

para la relación entre la fuerza por biso y talla, y la relación entre la fuerza por biso por centímetro de valva y la talla.

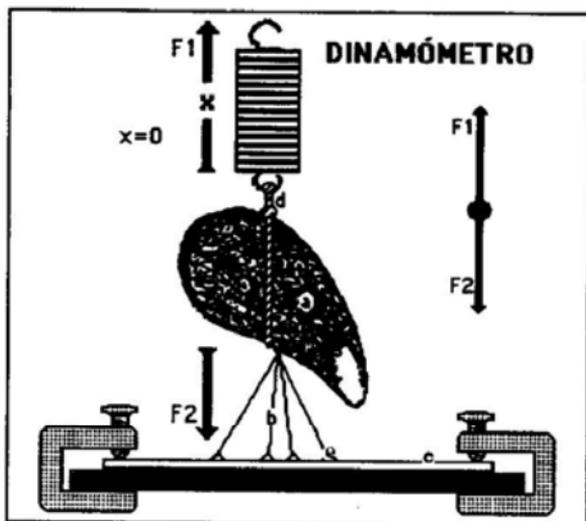


Figura 1. Esquema que muestra la forma de medir la fuerza del biso. El individuo (a), fijado por sus bisos (b), en una placa de vidrio (c), se une a un dinamómetro con un hilo de alta tensión de ruptura (d). En donde (e), es la placa de adhesión del biso al vidrio, F_1 es la fuerza ejercida por el dinamómetro y F_2 es la fuerza ejercida por los bisos.

Por otra parte, para evidenciar la capacidad y velocidad de movimiento de las cholgas se tomaron cuatro rangos de talla: el primero con valores > 0 a ≤ 1 cm (R1), el segundo con valores > 1 a ≤ 2 cm (R2), el tercero con valores > 2 a ≤ 3 cm (R3) y el cuarto con valores > 3 a ≤ 4 cm. Para cada rango se usaron 6 individuos, cada uno de los cuales fue puesto en el fondo de una probeta standard de 1000 ml, con aireación, agua filtrada y una temperatura de $15 \pm 1^\circ\text{C}$. Una vez instalado el sistema se observaron los movimientos de las cholgas y la estructura utilizada para este movimiento. En los casos

donde existió un desplazamiento ascendente por la columna vertical de vidrio, se midió cada 60 segundos (t) la distancia desplazada (x), esto con una graduación en centímetros ($\pm 0,1$ cm) puesta en la superficie de la probeta. Luego se graficó la relación entre la altura alcanzada y el tiempo, para cada rango de tallas. Finalmente, mediante regresión lineal, se calculó la velocidad de desplazamiento (x/t) como la pendiente de la gráfica de la curva posición-tiempo, expresada en centímetros por segundo.

RESULTADOS

De los 111 individuos analizados, a 80 se les determinó la fuerza por biso, ya que los restantes (todos menores a un centímetro) se desprendieron fácilmente del lugar de fijación (al tacto).

La Fig. 2 muestra la regresión entre fuerza por biso y longitud de las valvas, cuya pendiente es significativamente distinta de cero ($p=0,0001$), observándose que a medida

que aumenta la talla del individuo aumenta la fuerza por biso que posee, aunque la variable talla sólo explica el 52% de la variabilidad de la fuerza por biso de los individuos, esto según el coeficiente de determinación ($r^2 = 0,52$). De acuerdo a la curva, se esperarían valores máximos de fuerza cercanos a los 19.600 din por biso en individuos de unos 10 cm, aunque el individuo con mayor fuerza registró 27.440 din por biso y midió 7 cm; zona de la curva donde también se nota una mayor dispersión de los puntos.

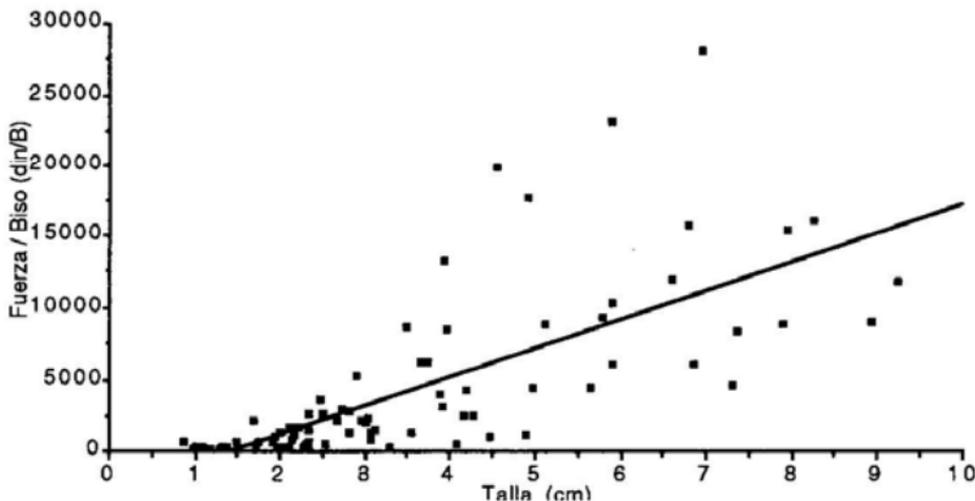


Figura 2. Relación lineal entre la fuerza por biso y longitud total de la valva. En la cual, $r = 0,72$ y $n = 80$ (número de individuos) cuya ecuación es $F = -2.708,33 + 1.999,02 T$ (Donde: F es la fuerza y T la Talla).

La Fig. 3 muestra la relación polinomial entre fuerza por biso por centímetro de valva y el largo total de las valvas. Se obtuvo una curva con pendiente significativamente distinta de cero ($p=0,0001$) y un coeficiente de determinación

$r^2 = 0,34$. La tendencia de la curva muestra que la fuerza por biso por centímetro de individuo aumenta linealmente hasta 1.960 din a una longitud de valva de 6 cm, que se mantiene hasta en individuos de 7,5 cm. Para individuos de tamaño superior a 7,5 cm la

fuerza tiende a disminuir hasta 980 din, fuerza que equivale a la posee un individuo de 3,5 cm. El individuo que registró mayor

fuerza alcanzó los 4.410 din por bisco por centímetro valva y midió 4,5 cm de longitud total de la valva.

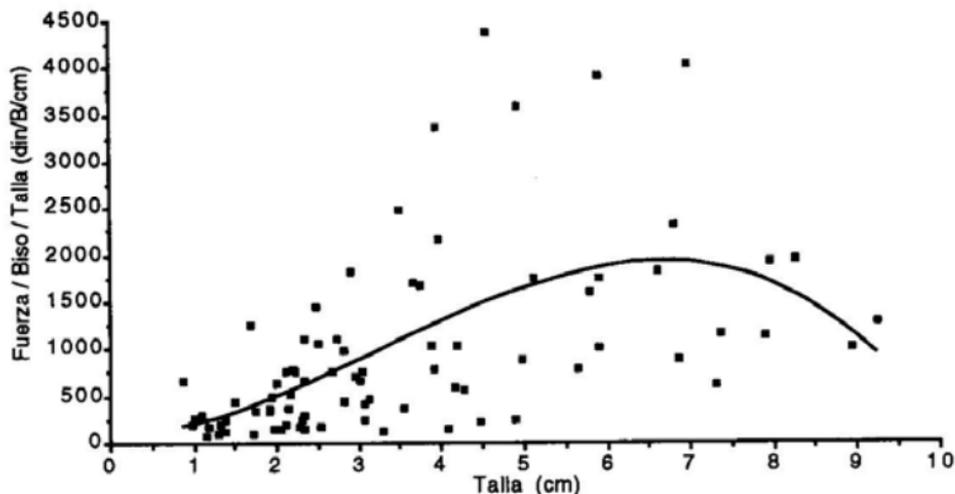


Figura 3. Relación polinomial entre la fuerza por bisco por centímetro de valva y longitud total de la valva. En la cual, $r = 0.58$ y $n = 80$ (numero de individuos). Cuya ecuación es: $F = 51.679 + 31.987 T + 116.616 T^2 - 11.903 T^3$ (Donde: F es la Fuerza y T la Talla).

En el experimento sobre capacidad de movimiento, no se obtienen desplazamientos aparentes en individuos mayores a 3 cm, observándose sólo la esporádica salida del pie antes de fijar los bisos en un lugar determinado. La figura 4 muestra el desplazamiento de los individuos en una columna vertical a través del tiempo. Se obtuvieron las curvas para los tres primeros rangos de talla (R1, R2 y R3) con pendientes significativamente distintas de cero ($p = 0,0001$). Los individuos entre cero a un centímetro de talla poseen el mayor desplazamiento vertical con una velocidad de

casi un centímetro por minuto ($15,0 \times 10^3$ cm/s), en cambio los individuos de los rangos R2 y R3 poseen velocidades de $3,3 \times 10^3$ cm/s), y $3,0 \times 10^3$ respectivamente. En el rango R2 la velocidad de desplazamiento equivale a que un individuo se mueva a razón de 2 milímetro por minuto, lo cual es muy semejante a lo que ocurre en el rango R3, donde la velocidad de desplazamiento equivale a 1,8 milímetro por minuto. Entre estos dos últimos rangos existe una gran sobreposición de los puntos, lo cual ayuda a separar el rango de tallas R1 como el más rápido.

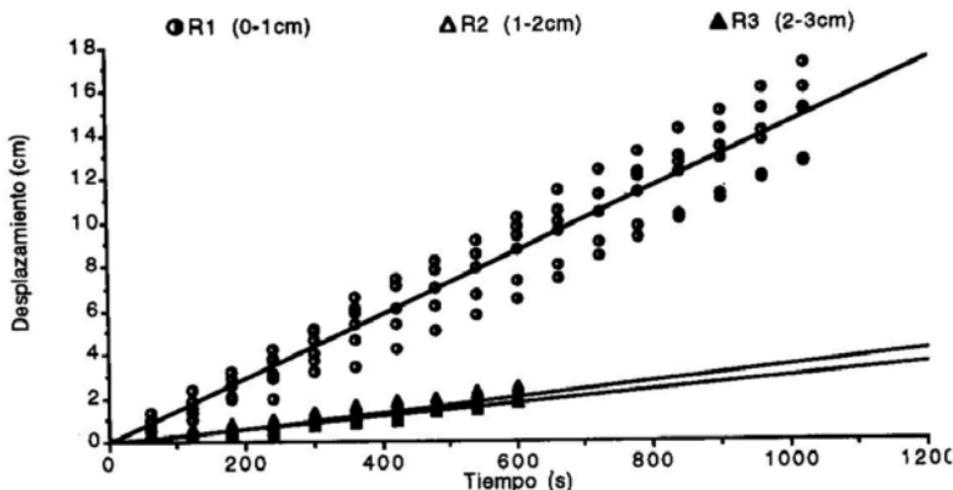


Figura 4. Desplazamiento a través del tiempo en una columna vertical de vidrio, para diferentes rangos de longitud de valva (R1, $r = 0,98$; R2, $r = 0,96$; R3, $r = 0,98$). En cada rango el número de individuos $n=6$; el número de datos del rango R1 es 102 y el número de datos de los rangos R2 y R3 es 60. Las ecuaciones de las regresiones son las siguientes: R1= $-0,033 + 15,0 \times 10^{-3} T$; R2, $D = -0,056 + 3,3 \times 10^{-3} T$; R3, $D = -0,004 + 3,0 \times 10^{-3} T$ (Donde: D es el desplazamiento y T es el tiempo).

Para los tres rangos en que se evidenció desplazamiento se observa que este se produce por movimientos del pie, el que se estira sobre la pared vertical de vidrio pegándose por su borde anterior, mientras que con el posterior se recoge arrastrando al individuo. Posteriormente con movimientos continuos y repetitivos, sin despegarse de la superficie de la pared vertical, el individuo se desplaza poco a poco a mayores alturas, hasta un punto en el cual el ejemplar se fija con sus bisos. De esta manera el rango de tallas R1 llega hasta los 16 cm de altura en 17 minutos. Aunque se observa que después de un tiempo de estar fijado, desprende los bisos y continúa

ascendiendo hasta la superficie del agua (40 cm). Los rangos R2 y R3 llegan hasta unos 2 cm de altura en 10 minutos, y no se observa un desprendimiento ni nuevos movimientos ascendentes.

DISCUSION

La relación lineal entre fuerza por biso y largo de las valvas (Fig. 2), es la que mejor explicó la distribución de los puntos, aunque el valor del coeficiente de determinación hace necesario buscar otras variables que disminuyan la varianza no explicada por la talla. No obstante, los valores de fuerza

obtenidos, son comparables a los encontrados en *M. edulis* por Allen (1976), el cual al utilizar una relación lineal determinó que una fibra bisal en un individuo de 7 cm se corta al ejercer una fuerza equivalente a unos 20 gr de carga, fuerza que según el presente trabajo es suficiente para cortar un biso de un individuo de unos 10 cm.

Al estandarizar la fuerza por biso por centímetro de valva (Fig. 3), se obtiene que una relación polinomial con la talla del individuo, es la que mejor explica la distribución de los puntos, aunque el coeficiente de determinación es bajo y acredita que para futuros experimentos se agregen otras variables que expliquen la varianza no explicada; tales como pH, salinidad, temperatura, etc.. No obstante lo anterior, los resultados obtenidos son semejantes a los de Lee *et al* (1990) en *M. edulis*, especie para la cual se determinó que la fuerza por biso estandarizada por gramo de individuo para ejemplares entre 3 a 4 cm equivale a unos 2 gr de carga y que individuos de rangos de tallas mayores alcanzan una fuerza menor 1 gr. Esta relación de disminución de fuerza, es comparable a la obtenida en el presente trabajo al estandarizar por centímetro de valva, aunque en este caso una fuerza equivalente a 2 gr (1.960 din) se obtuvo en individuos entre 6 a 7,5 cm, y fuerzas cercanas a 980 din equivalentes a 1 gr en individuos de 3 cm y 9 cm. La semejanza entre la estandarización por masa y por talla, es apoyada por la alta correlación que existe en *A. ater* entre el peso del individuo y su talla ($r = 0,98$) (Cancino & Becerra 1978).

Los datos de la relación polinomial (Fig. 3) muestran una curva en forma de campana gaussiana que indica que los individuos a medida que crecen aumentan su fuerza por biso por centímetro de valva hasta un tope marcado por aquellos que miden

entre 6 a 7,5 cm, meseta después de la cual la fuerza por biso por centímetro de valva disminuye. Esta tendencia se podría explicar al considerar que los bisos de los individuos más grandes además de tener que soportar la fuerza ejercida por algún factor externo, tienen que resistir su propio peso, que llega a ser considerablemente mayor que el de los más pequeños. La citada explicación podría dar cuenta de observaciones en terreno que muestran que los individuos más grandes se desprenden de los sistemas de cultivo (encordados), debiendo ser trasladados a sistemas de bandejas suspendidas. Aracena *et al.* (1974) reporta el desprendimiento de individuos de *Choromytilus chorus* desde los 7 cm, en sistemas de encordado.

Por otra parte, se pudo evidenciar la capacidad de movimiento en individuos de *A. ater* menores a 3 cm, pues en los mayores sólo se observa la esporádica salida del pie y en algunos casos el uso de éste para acercarse a una pared vertical, antes de fijar los bisos en un lugar definitivo.

A partir de las velocidades estimadas, se concluye que los individuos que se desplazan más rápido en una columna vertical son aquellos menores a 1 cm (más livianos), los que miden entre 2 a 3 cm se desplazan lentamente (Fig. 4), mientras que los mayores a 3 cm (más pesados) no se desplazan. Se observa que la principal estructura responsable del movimiento en *A. ater* es el pie observación que difiere de lo obtenido por Mahéo (1970) en *A. ater* y Vergara *et al.* (1983) en *Ch. chorus*, pues estos autores plantean que el biso juega el papel principal en el desplazamiento, sin llegar a reconocer la participación del pie.

Es conocido que el pie en los individuos de mayor talla es reducido (Barnes

1989), en comparación a los de menor talla, lo cual podría explicar la escasa o nula movilidad de los más grandes (> 3 cm) y a la mayor movilidad de los más pequeños (< 3 cm). Observaciones en terreno ratifican este hecho, pues se ha visto una natural y mayor agregación de semillas de mitilidos comerciales en las zonas superiores de los sistemas de cultivo (encordados), que en la zona inferior. La agregación producida en los sistemas de cultivo puede traer consecuencias negativas, como el desprendimiento de aglomeraciones de semillas que al caer al fondo se pierden o mueren, situación que se podría evitar al determinar la talla a la cual la semilla no se desplaza en forma activa, por lo

que para el caso de *A. ater* se recomienda la utilización de semillas que midan entre 2 a 3 cm. Situación que empíricamente, se ha utilizado en la mitilicultura.

Finalmente, al relacionar las características de fuerza del biso y capacidad de desplazamiento, se puede señalar que los individuos de *A. ater* a medida que crecen pierden paulatinamente la capacidad de movimiento por "reducción" del pie y el aumento de la masa del organismo; pero aumentan la capacidad de fijarse al sustrato por el biso hasta cierta talla, después de la cual esta capacidad también se "reduce".

AGRADECIMIENTOS

Se agradece por la facilidades de espacio y materiales prestados en su laboratorio a la Sra. María Cristina Orellana; por el constante apoyo y sugerencias en la realización del trabajo a la Srta. Yeny Rojas y al Sr. Leonardo Mendoza. Además, se agradece las sugerencias de dos revisores anónimos del manuscrito por sus acertadas sugerencias.

LITERATURA CITADA

- Andreu, B. 1968. The importance and possibilities of mussel culture. Seminar on Possibilities and Problems of Fisheries Develop in Southeast Asia. German Foundation Development Country/FAO. Berlin, p. 364-377.
- Allen, J.A.; Cook, M.; Jackson, D.J.; Preston, S. & E.M. Worth. 1976. Observations on the rate of production and mechanical properties of the byssus threads of *Mytilus edulis* L. *Journal Molluscan Study* 42:279-289.
- Aracena, O.; Yañez, R.; Lozada, E. & M.T. Lopez. 1974. Crecimiento de *Choromytilus chorus* en Talcán, Chiloé (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, Tomo XLVIII: 347-357.
- Barnes, R.D. 1989. *Zoología de los Invertebrados*. Interamericana Mc Graw Hill, 5ª ed. México. 957 p.
- Cancino, J. & R. Becerra. 1978. Antecedentes sobre la Biología y Tecnología del Cultivo de *Aulacomya ater* (Molina, 1782) (Mollusca: Mytilidae). *Biología Pesquera*, Chile 10: 27-45.
- Coll, J. 1990. *Acuicultura marina animal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-España. 670 p.
- Lane, D.J.W.; Beaumont, A.R. & J.R. Hunter. 1985. Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 84:301-308.
- Lee, C.Y.; S.L. & M. D. Owen. 1990. The rate strength of byssal reattachment by bluemussels (*Mytilus edulis* L.) *Canadian Journal Zoology* 68:2005-2009.
- Maheo, R. 1970. etude de la pose et de L'active' de secretion du Byssuss de *Mytilus edulis*. *Cahiers Biologie Marine* 11:475-483.

- Petratits, P.S. 1987. Immobilization of the predatory gastropod *Nucella lapillus* by its prey *Mytilus edulis*. *Biological Bulletin* (Woods Hole), 172:307-314.
- Roberts, D. 1975. The effect of pesticides on byssus. *Environmental Pollution* 8:241-254
- Santa Cruz, S. 1976. Resultados de algunas experiencias de cultivo de cholgas (*Aulacomya ater*) en la bahía de Mejillones. Instituto de Fomento Pesquero, Chile. Serie Informes Pesqueros (60), 41 p.
- Smeathers, J.B. & J.B. Vincent. Mechanical properties of mussel byssus threads. *Journal of Molluscan Studies* 45: 219-230.
- Vergara, P.; Aracena, O. & M. López. 1983. Influencia de la luz en la formación del biso en *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) bajo condiciones experimentales de terreno y laboratorio. In: Winter J.E., Clasing E., Gutiérrez A., Acevedo M.A., Navarro J.M., Toro J.E., Varela C. & G.S. Valenzuela. (ed). *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura (A.L.A), "Moluscos Crustáceos y Equinodermos"*, V Simposio, Valdivia, Chile. 5 (2): 263-270.
- Waite, J.H. 1983. Evidence for repeating DOPA and hidroxyprolinc containing decapeptide in the adhesive protein of *Mytilus edulis*. *Journal Biological Chemistry* 258: 2911-2915.
- Waite, J.H. 1986. Mussel glue from *Mytilus californianus* Conrad: a comparative study. *Journal of Comparative Physiology Serie B*, 156: 491-496.
- Young, G.A. 1985. Byssus-thread formation by the mussel *Mytilus edulis*: effects of enviromental factor. *Marine Ecology Progress Series* 24:261-271.