

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA DISPONIBILIDAD DE ENERGIA PARA CRECIMIENTO DE CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS (BRUGUIERE).

María L. González, Margarita C. Pérez, Daniel A. López y María S. Buitano*

ABSTRACT. Effect of the temperature in the energy availability for growth of *Concholepas concholepas* (Bruguiere).

An analysis was undertaken of the effects of temperature on the energetic balance and of the availability of energy for growth in juveniles of *Concholepas concholepas* (Bruguiere) ("loco").

The energetic balance was positive for specimens maintained at 10°C and 16°C. The energy available for growth was greater at 10°C. There was no significant statistical differences in the ingestion rate. Loss of energy through respiration, excretion of ammonia, mucus and faeces, was greater at 16°C than at 10°C. Energy lost through respiration corresponded to 46.35% of energy ingested at 10°C, and to 63.05% at 16°C. Assimilation efficiency was 89.98% at 10°C and 66.90% at 16°C.

Key words: "loco"; growth; energy budget.

INTRODUCCION

La disponibilidad de energía para crecimiento, depende de la energía incorporada con los alimentos y de las "pérdidas" energéticas por respiración, excreción y otros procesos (Newell 1979). Variables ambientales como la temperatura, cantidad y calidad del alimento, pueden modificar el signo del balance energético o la importancia

relativa de cada uno de los procesos que forman parte del presupuesto energético (Griffith & King 1979, Newell 1979). En particular, para *Concholepas concholepas* (Bruguiere), se ha planteado que la temperatura y la alimentación podrían explicar las diferencias en las tasas de crecimiento de juveniles (Guisado & Castilla 1983). Las

* Departamento de Acuicultura y Recursos Acuáticos, Instituto Profesional de Osorno, Casilla 933, Osorno, Chile.

menciones realizadas respecto a la tasa de crecimiento mensual de juveniles de "loco", oscilan entre 3,0 y 3,67 mm/mes, en ejemplares de entre 11 y 20 mm de largo peristomal (Tobella 1975, Acuña & Stuardo 1979, Gallardo 1979, Gulsado & Castilla 1983).

La factibilidad de cultivo de este especie, se asocia no sólo a la solución de problemas que permitan producción masiva de juveniles, sino además a lograr altas tasas de crecimiento en cautiverio, de modo de alcan-

zar en períodos razonables, las tallas comerciales. Para maximizar el crecimiento en condiciones artificiales se requiere conocer, el destino de la energía ingerida, cuando los ejemplares son sometidos a distintas condiciones ambientales.

El presente trabajo está orientado a determinar el efecto de la temperatura en el signo del balance energético y en la disponibilidad de energía para el crecimiento de juveniles de "loco".

MATERIALES Y METODOS

Juveniles de *C. concholepas* de entre 3,14 cm y 3,81 cm de largo peristomal fueron recolectados en la zona Intermareal de Pucatrhue (40° 33'S; 73° 43'W), Provincia de Osorno. En el laboratorio fueron aclimatados por un período de 12 días tanto a 10° ± 1°C, como a 16°C ± 1°C.

El presupuesto energético fue medido en ejemplares alimentados ad libitum con *Mytilus chilensis* (Hupé) ("chorlito"), a 10°C y a 16°C. Los procedimientos experimentales fueron los siguientes:

(a) Energía ingerida: Se midió en acuarios individuales el número de chorlitos consumidos, expresándose la tasa de ingestión como peso seco ingerido/día. Estos datos fueron transformados a energía utilizando el valor promedio de 1 gramo de peso seco de chorlito = 3650 cal. Este fue obtenido mediante determinaciones calorimétricas.

(b) Pérdidas energéticas por respiración: Se determinó el consumo de oxígeno de rutina, mediante un oxímetro WTW 530, con una precisión de 0,01 mg O₂/l. Para la conversión de energía se utilizó el valor oxalórico de Thompson & Bayne (1974) de 1 ml O₂ = 4,75 cal.

(c) Pérdidas energéticas por excreción de amonio: En acuarios individuales de 250 ml se determinó por el método de Solorzano (1969), la concentración de amonio acumulada en períodos de 30 minutos. La conversión a energía se efectuó con la constante de Elliot & Davison (1975) de 1 mg NH₄⁺ = 5,94 cal.

(d) Pérdidas energéticas por fecas: Se ubicaron ejemplares en acuarios de 1 l con recambio de agua de mar filtrada y aireación constante. Cada 12 h se recolectaron las fecas, las cuales fueron secadas y pesadas sobre un filtro de fibra de vidrio. En una bomba calorimé-

trica se determinó el valor calórico promedio de 1 g peso seco de fecas = 1960 cal.

(e) Pérdidas energéticas por mucus: El mucus depositado por ejemplares ubicados individualmente en acuarios de 400 ml, fue recolectado mediante una jeringa. Se transfirió luego a un filtro, previo lavado con agua dulce, determinándose posteriormente peso seco y contenido calórico. El valor promedio de este último fue de 1 g peso seco = 1650 cal.

Todos estos valores energéticos, tanto para 10°C como para 16°C se dispusieron según la ecuación de balance energético de Ricker (1968):

$$P = C - (F + R + U + M)$$

donde: P = balance energético; energía disponible para crecimiento; C = contenido energético del alimento consumido; F = pérdidas energéticas por fecas; R = pérdidas energéticas por consumo de oxígeno (gasto metabólico); U = pérdidas energéticas por excreción de amonio; M = pérdidas energéticas por mucus.

Con ello se determinó el signo del balance energético y la importancia relativa de cada componente del presupuesto energético para las dos condiciones experimentales.

Los valores promedio de estos, fueron comparados estadísticamente mediante el test "+" (Sokal & Rohlf 1969).

RESULTADOS

No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en las tasas de ingestión entre juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C y 16°C (Fig. 1; "+" = 1,49; 26 grados de libertad; $p < 0,05$). Existió en ambas condiciones experimentales, una alta variabilidad individual.

Los procesos de "pérdidas" energéticas, en cambio, variaron con la temperatura. El consumo de oxígeno fue mayor a 16°C que a 10°C (Fig. 2; "+" = 5,39 con 14 grados de libertad; $p < 0,001$). Igual situación se verificó con las pérdidas energéticas por excreción de amonio (Fig. 3, "+" = 2,95; 7 grados de libertad; $p < 0,05$), por fecas (Fig. 4; "+" = 3,72; 11 grados de liber-

tad; $p < 0,01$) y por mucus (Fig. 5; "+" = 9,50; 10 grados de libertad; $p < 0,001$).

Las pérdidas energéticas por respiración constituyeron el 43,34% del total de energía incorporada a 10°C y el 63,05% a 16°C. No se establecieron diferencias en la distribución de las pérdidas energéticas, siendo a ambas temperaturas, sobre el 80% de ellas debidas a respiración (Fig. 6).

Tanto a 10°C como a 16°C, el balance energético fue positivo (Fig. 7 y 8). La disponibilidad de energía para crecimiento (P), calculada sobre la base de los valores promedios de cada uno de los componentes de la fórmula de presupuesto energético, fue mayor a 10°C

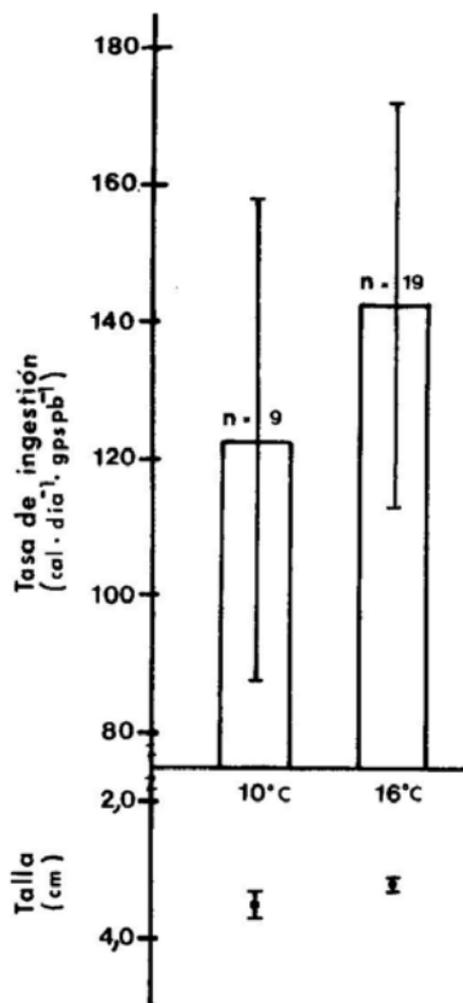


Fig. 1 Energía ingerida promedio por juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C y 16°C, alimentados "ad libitum" con *Mytilus chilensis*.

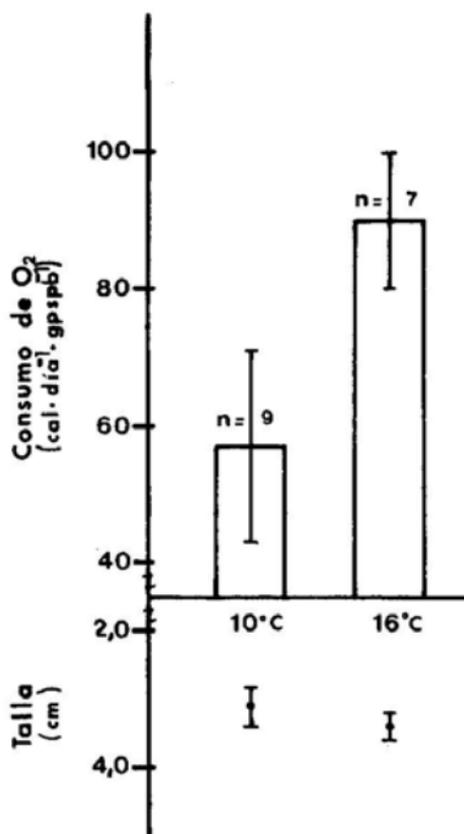


Fig. 2 "Pérdidas" energéticas promedio por respiración en juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C y 16°C. El largo peristomal promedio de los individuos usados en cada tratamiento se indicó bajo cada barra.

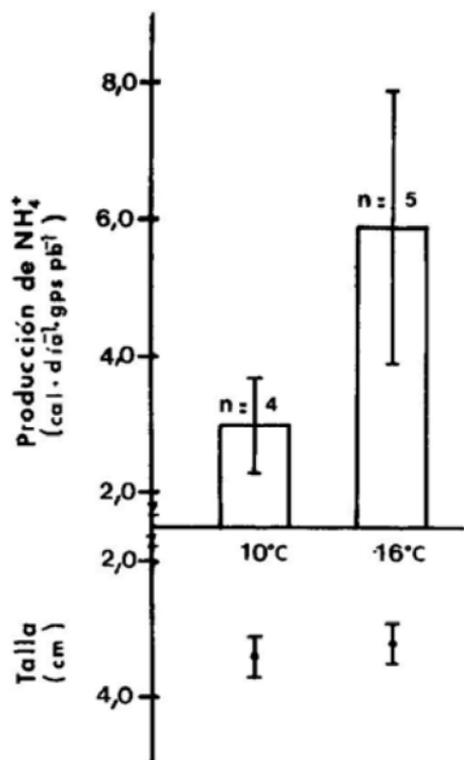


Fig. 3 "Pérdidas" energéticas promedio por excreción de amonio en juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C y 16°C. El largo peristomal promedio de los individuos usados en cada tratamiento se indica bajo cada barra.

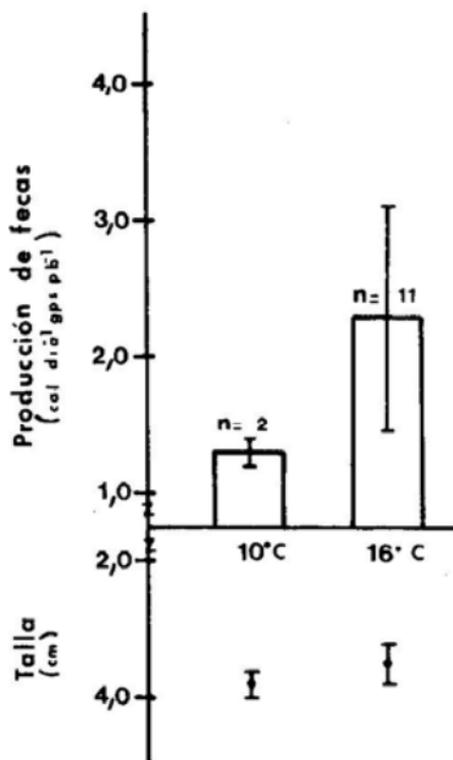


Fig. 4 "Pérdidas" energéticas de amonio promedio por fecas en juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C. El largo peristomal promedio de los individuos usados en cada tratamiento se indica bajo cada barra.

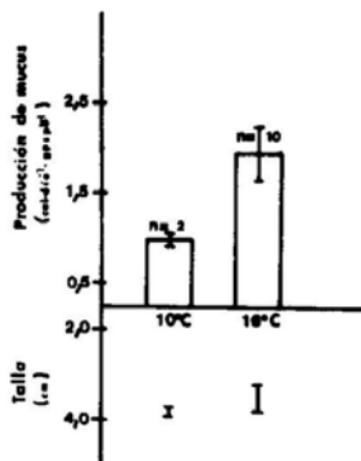


Fig. 5 "Pérdidas" energéticas promedio por mucus en juveniles de *C. concholepas*, mantenidos a 10°C y 16°C. El largo peristomal promedio de los individuos usados en cada tratamiento se indica bajo la barra.

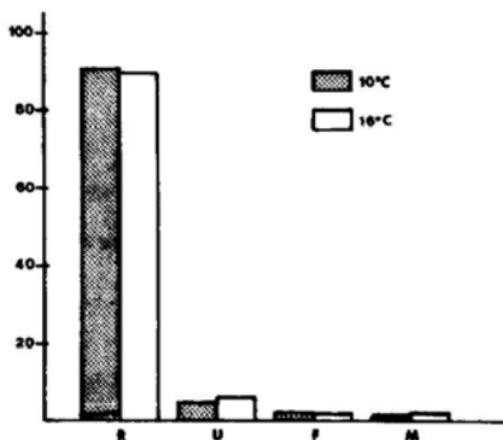


Fig. 6 "Pérdidas" energéticas en porcentaje por respiración (R), excreción de amonio (U), fecas (F) y mucus (M), en juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C y 16°C.

que a 16°C (Fig. 7 y Fig. 8). Ello sugiere mayor disponibilidad de energía para crecimiento a 10°C que a 16°C.

109,98 cal/dfa/g de peso seco de las partes blandas mientras a 16°C fue de 95,58 cal/dfa/g.

La eficiencia de asimilación fue de

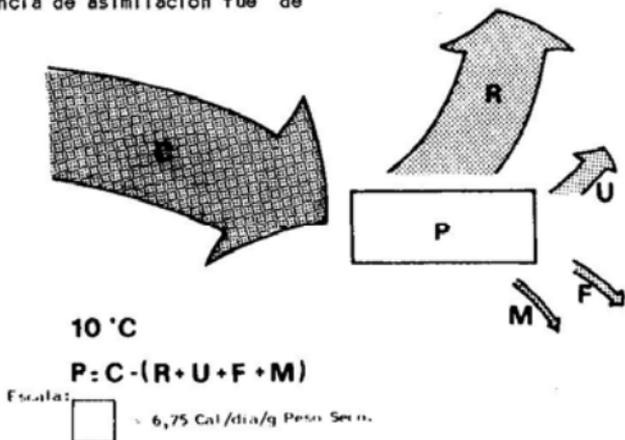


Fig. 7 Presupuesto energético de juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 10°C. P = energía disponible para crecimiento; C = energía ingerida; R = "pérdidas" energéticas por respiración; U = "pérdidas" energéticas por excreción de amonio; f = "pérdidas" energéticas por fecas; M = "pérdidas" energéticas por mucus.

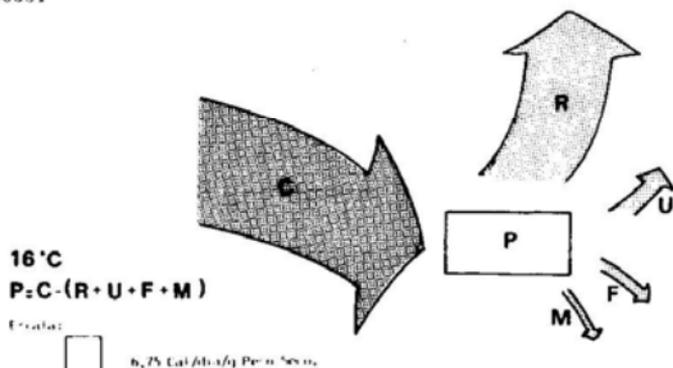


Fig. 8 Presupuesto energético de juveniles de *C. concholepas* mantenidos a 16°C. P = energía disponible para crecimiento; C = energía ingerida; R = "pérdidas" energéticas por respiración; U = "pérdidas" energéticas por excreción de amonio; f = "pérdidas" energéticas por fecas; M = "pérdidas" energéticas por mucus.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que diferencias en temperatura entre 10°C y 16°C pueden determinar distintas cantidades de energía desviada a crecimiento. Dado que los juveniles de la talla utilizada en este trabajo no tienen demandas reproductivas, las diferencias entre Ingreso de energía y las pérdidas energéticas, sólo corresponden a la disponibilidad de energía para crecimiento. La talla mínima de madurez sexual en esta especie es de 40 mm de largo peristomal (Castilla 1979).

Diversos factores ambientales como temperatura, alimentación, disponibilidad de oxígeno y salinidad son influyentes en el presupuesto energético de Invertebrados marinos porque modifican diferencialmente las tasas de Ingestión, metabolismo, asimilación y excreción (Newell 1979, Navarro & Winter 1982). Ello explicaría la alta variabilidad en las tasas de crecimiento medidas bajo condiciones naturales (Guisado & Castilla 1983). Por otro lado, este mismo hecho permitiría acelerar artificialmente el crecimiento de ejemplares mantenidos en cautiverio. Ello es especialmente importante en juveniles de "loco" por cuanto se sabe que en condiciones naturales, tienen un lento crecimiento; la talla comercial se alcanza en alrededor de 4 a 5 años (Castilla 1982). Esto podría limitar seriamente sus expectativas de cultivos.

Existen antecedentes que condiciones ambientales pueden variar el crecimiento de locos, en forma importante. Varela & López (1989), a partir de mediciones directas, proyectaron las tasas

de crecimiento, concluyendo que a los 5 años, ejemplares mantenidos en el laboratorio alcanzarían una talla superior a los 5 cm; los ubicados en sistemas suspendidos más de 11 cm y los mantenidos en el medio natural, valores intermedios. Tales diferencias se deberían a la temperatura, alimentación y cantidad de energía destinada a reproducción (López & Varela 1988).

Las tasas de Ingestión y la energía incorporada con los alimentos también varían según el sistema en que son mantenidos los ejemplares, lo cual podría asociarse a condiciones de temperatura (López & Varela 1988). En otros Invertebrados se ha evidenciado que la temperatura modifica además las pérdidas energéticas por respiración y excreción (Widdows & Bayne 1971, Newell 1979, González 1989).

En los juveniles de "loco", la temperatura modificó la disponibilidad de energía para crecimiento, a pesar que no existieron diferencias en las tasas de Ingestión. No obstante, que existió una tendencia a mayor consumo de chorritos a 16°C, hubo una alta variabilidad individual. Ello sin embargo, puede explicar las diferencias en la eficiencia de asimilación, dado que existe una tendencia a mayor Ingestión a 16°C, provocando con ello una menor eficiencia de asimilación a esta temperatura.

En cambio la temperatura, afectó fuertemente todos los procesos de pérdidas de energía. En todos los casos fueron mayores a 16°C que a 10°C. Esta alza de procesos fisiológicos al aumen-

tar la temperatura es común en invertebrados marinos (Bayne et al. 1973, Newell 1979, Prosser 1986), correspondiendo al patrón de compensación adaptativo supraóptimo de Precht et al. (1973). Los casos opuestos, en cambio, son muy poco frecuentes: González (1989), lo evidenció para el cirripedo *Austromegabalanus psittacus* (Mol). En la excreción de amonio también la temperatura provocó una caída, al igual que en la defecación y liberación de mucus. Sin embargo, la composición porcentual entre todos estos procesos de pérdida de energía se mantuvo constante. A ambas temperaturas las pérdidas por respiración significaron sobre el 80 % del total de pérdidas energéticas, por lo que el efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno fue el factor más importante para explicar las diferencias en la disponibilidad de energía para crecimiento. Esta a 10°C fue de 100,29 cal/dfa/g peso seco de partes blandas y al 16°C de 62,21 cal/dfa/g peso seco de partes blandas, siendo, la eficiencia

de asimilación un 23% mayor a 10°C.

Los valores calóricos de los chorritos utilizados en la alimentación de los locos, fueron muy inferiores a los registrados previamente para ejemplares adultos de esta especie (Duarte et al. 1980; Navarro & Winter, 1982). Ello se debe a que en este trabajo sólo se utilizaron ejemplares juveniles (talla media: 24,86 ± 3,82 mm) en los cuales es posible esperar menores valores calóricos, dada la inexistencia de una gónada desarrollada.

En condiciones artificiales, es posible hacer variar el crecimiento de juveniles de loco y la consideración sólo de la temperatura podría significar diferencias de 40% o más. Sin embargo, las expectativas de reducir el período de crecimiento hasta alcanzar la talla comercial son limitadas usando sólo temperatura, dado que el incremento de temperatura significa menor crecimiento.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece las facilidades otorgadas por el Instituto Profesional de Osorno para el desarrollo de este trabajo. Igualmente se reconoce la colaboración de Cecilia Pino, Pedro Vergara, Alejandro Buschmann, Susan Angus, Sandra Mancilla y 2 revisores anónimos que efectuaron importantes aportes a la versión definitiva.

LITERATURA CITADA

Acuña, E. & J. Stuardo. 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de dos poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière 1978). *Biología Pesquera* (Chile), 12: 131-142.

- Bayne, B. L.; Thompson, R. J. & J. Widdows. 1973. Some effects of temperature and food on the rate of oxygen consumption by *Mytilus edulis* L. In Effects of temperature on ectothermic organisms. W. Wieser ed.: 181-193. Springer-Verlag. Berlin.
- Castilla, J. C. 1979. *Concholepas Concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae): Postura de cápsulas en el laboratorio y en la naturaleza. *Biología Pesquera* (Chile), 12: 91-97.
- Castilla, J. C. 1982. Pesquería de moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. *Monografías Biológicas*, 2: 199-212.
- Duarte, W. E.; Jara, F. & C. A. Moreno. 1980. Contenidos energéticos de algunos invertebrados bentónicos de la costa de Chile y fluctuación anual en *Mytilus chilensis* Mupé 1854. *Boletín Instituto Oceanográfico, Sao Paulo*, 29 (2): 157-162.
- Elliot, J. M. & W. Davison. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *Oecología* (Berl.), 19: 195-201.
- Gallardo, C. 1979. El ciclo vital del Muricidae *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras fases de vida en el bentos. *Biología Pesquera* (Chile), 12: 79 - 89.
- González, M. L. 1989. Presupuesto energético y aporte de materia orgánica en *Austromegabalanus psittacus* (Molina 1782) (Cirripedia: Balanidae). *Iesis. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile*: 1-104.
- Guisado, CH. & J. C. Castilla. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology*, 78: 99-103.
- Griffith, R. L. & J.A. King. 1979. Some relationships between size, food availability and energy balance in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Marine Biology*, 51: 141-149.
- López, D. A. & C. E. Varela. 1988. Manejo de reproductores y postura de cápsulas en *Concholepas concholepas* (Bruguiere 1789): una revisión del problema y requerimientos de investigación. *Biología Pesquera*.
- Navarro, J. M. & J. Winter. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis*, in relation to body size and different algal concentrations. *Marine Biology*, 67: 255-266.

- Newell, R. C. 1979. Biology of intertidal animals. Marine Ecological Survey Ltd. Fawerham, Kent: 1-757.
- Precht, H. J.; Christophersen, H. Hensel & W. Larchelr. 1973. Temperature and Life. Berlin: 1-799. Springer-Verlag.
- Prosser, C. L. 1986. Adaptational biology: molecules to organisms. John Wiley and sons. New York. 396 pp.
- Ricker, W. E. 1968. Methods for assesment of fish production in fresh water. Handbook 313 pp. Blackwell I.B.P.
- Sokal, P. & J. Rohlf. 1969. Biometry. San Francisco, 775 pp. W.H. Freeman ed.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in waters by the phenolhypochlorite method. Limnology and Oceanography, 14: 799-801.
- Thompson, R. J. & B. L. Bayne. 1974. Some relationships between growth metabolism and food in the mussel *Mytilus edulis*. Marine Biology, 27: 317-326.
- Tobella, G. 1975. Crecimiento de *Concholepas concholepas* (Bruguere 1789) (Moll. Gast. Muricidae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 44: 185-189.
- Varela, C. E. & D. A. López. 1989. Manejo de reproductores de *Concholepas concholepas* (Bruguere) en el diseño de una estrategia de repoblación. Medio Ambiente, 10 (1): 3-12.
- Widdows, J. & B. L. Bayne. 1971. Temperature acclimation of *Mytilus edulis*, with reference to its energy budget. Journal of Marine Biology Association of United Kingdom, 51: 827-843.