

BIOENERGETICA DE JUVENILES DE LA LANGOSTA

***Panulirus argus* (LATREILLE, 1804). Efectos del ayuno prolongado**

Effect of prolonged starvation in postlarvae and juveniles of the spiny lobster *Panulirus argus*

Raimundo Nonato de Lima Conceição¹, Eugénio Díaz Iglesia²,
Roberto Brito Pérez², Marizabel Báez Hidalgo²

RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto del ayuno prolongado sobre el consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada de postlarvas y juveniles de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) se utilizó un sistema de circulación de agua de mar compuesto por seis cámaras individuales, en las cuales se realizaron los bioensayos. Para medir el consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada, los datos del oxígeno disuelto (O_2) así como de la concentración de amonio (NH_3^+) fueron comparados a partir de muestras de agua colectadas en la entrada y salida de cada cámara. Los valores de salinidad y de oxígeno disuelto del agua circulante en el sistema fueron respectivamente 35.5 ± 0.79 ‰ y 6.21 ± 0.16 mg/l. Durante el experimento los animales fueron sometidos a dos tratamientos: 1) el grupo control, alimentado con el molusco *Littorina mespilum*; y 2) el grupo en ayuno por siete días, pasado el período de aclimatación en acuarios. Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en el consumo de oxígeno ni en la excreción nitrogenada para ambos los tratamientos, bajo las condiciones experimentales utilizadas.

Palabras-claves: langosta, ayuno, consumo de oxígeno, excreción nitrogenada

ABSTRACT

To determine the effect of starvation on the oxygen consumption and nitrogen excretion of postlarvae and juveniles of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) a continuous sea water circulation system comprised of six individual chambers was used in a bioassay. To evaluate the oxygen consumption and ammonia excretion, dissolved oxygen (O_2) and ammonia (NH_3^+) concentration data were compared from water samples collected in and out of each chambers. Salinity and dissolved oxygen of the circulating water was 35.5 ± 0.79 ‰ and 6.21 ± 0.16 mg/l, respectively. The experimental animals were submitted to two treatments: 1) control - in which the animals were fed with the intertidal mollusc *Littorina mespilum*; 2) the animals were starved for seven days after aquarium acclimation. Results indicated no difference ($P > 0.05$) in oxygen consumption and nitrogen excretion, for the experimental conditions used.

Key words: lobster, starvation, oxygen consumption, ammonia excretion

⁽¹⁾ Bolsista-pesquisador do CNPq, Laboratório de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará.

⁽²⁾ Centro de Investigaciones Marinas (CIM) da Universidad de La Habana, Av. 1ª # 2808, Miramar, Ciudad de La Habana, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La tasa metabólica es la medida del flujo de energía envuelta en los procesos vitales del organismo, la cual sufre la influencia de una variedad de factores internos y externos. Los factores fisiológicos internos que pueden afectar el metabolismo del organismo son el tamaño del cuerpo (MacLeese, 1972; Alcaraz, 1974a, 1974b) o su edad y los estados reproductivo y nutricional. La composición del alimento ingerido, las condiciones de aclimatación, los factores ambientales (temperatura, salinidad, humedad relativa, concentraciones de los gases respiratorios) y otras condiciones limitantes, representan los factores externos. En crustáceos algunos autores relacionan los efectos de factores ambientales sobre la tasa metabólica con medidas biométricas como el tamaño y peso del cuerpo (Klein-Breteler, 1975; Mota-Alves & Costa-Mota, 1966).

El análisis de la excreción de compuestos nitrogenados es una manera de evaluar uno de los componentes del balance energético. La determinación de la excreción nitrogenada es un proceso también empleado para cuantificar la transferencia de energía por medio de dietas dirigidas a animales de importancia económica (Ramos & Oliva, 1984; Joll & Phillips, 1984; Rosas *et al.* (MS). En organismos acuáticos la medida de este proceso es sumamente compleja debido las propias condiciones del medio y por la dificultad de la estandarización de los resultados obtenidos por métodos químico-analíticos.

Gran variedad de dietas artificiales han sido elaboradas para crustáceos demostrando distintas respuestas en cuanto a la aceptabilidad o asimilación (Crossland, 1988; Dall, 1977; Garcia-Galano, 1990; Lellis, 1992).

Entre los modelos elaborados para describir el balance energético los propuestos por Ivlev (1939), Richer (1971), Elliott (1976) son comentados por Beamish & Trippel (1990).

En general se definen conceptos para varios tipos de metabolismo en dependencia del estado del animal o de cuál forma de energía está siendo procesada: a) metabolismo estándar: cuando el animal presenta mínima actividad motora; b) metabolismo de máxima actividad y; c) metabolismo de rutina: cuando el animal exhibe movimientos espontáneos en lugar de movimientos bruscos y directos.

Los requerimientos energéticos de los aspectos mecánicos de la alimentación (morder, raspar, romper, chupar) son técnicamente distintos de aquellos dirigidos al incremento de calor (procesos absortivos). Sin embargo son tipos de requerimientos muy difíciles de distinguir experimentalmente (Beamish & Trippel, 1990).

Otra forma de analizar el estado metabólico de un organismo es la determinación del sustrato que éste utiliza como fuente de energía en sus diversas etapas

de alimentación. La relación O:N establece la proporción atómica entre el oxígeno consumido y la producción de nitrógeno amoniacal en relación al tiempo (Dall & Smith, 1986; Zoutendyk, 1987; Rosas *et al.*, 1993).

Para medir la actividad respiratoria se conocen varios tipos de aparatos (Duncan & Klekowski, 1975; y Martínez & Díaz, 1975). Brito *et al.* (1991) estudiaron parámetros del metabolismo energético de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* con el empleo del aparato de Warburg, observando los efectos de combinaciones de salinidad y temperatura.

La relación O:N tiende a aumentar después de la alimentación precedida de un ayuno prolongado, volviendo al valor inicial en un tiempo dependiente de la especie (Wallace, 1973; Klein-Breteler, 1975; Regnault, 1981).

El objetivo de este trabajo es determinar los cambios en el balance energético en juveniles de la langosta *Panulirus argus* cuando sometidos a ayuno prolongado.

MATERIALES Y METODOS

Los animales utilizados en esta investigación fueron obtenidos en el archipiélago de los Canarreos, plataforma suroccidental de Cuba. Los juveniles tempranos empleados en los experimentos fueron capturados en arrecifes artificiales existentes en la referida zona de cría natural (Cruz *et al.*, 1986).

El efecto del ayuno prolongado durante 7 días fue determinado en juveniles de *Panulirus argus* a través de la tasa metabólica medida por la actividad respiratoria y excreción nitrogenada. Fueron comparados dos grupos de animales: alimentados y en ayuno. El primer grupo tomado como *control* fue mantenido en condiciones de laboratorio adecuadas para el mantenimiento y alimentadas con *Littorina mespillum*.

Se utilizó la instalación respirométrica dinámica descrita por Martínez & Díaz (1975) (Figura 1), cuyo funcionamiento se basa en la circulación libre del agua en un sistema abierto con seis cámaras que se encuentran en un recipiente de 60 litros de capacidad lleno de agua de mar con el fin de controlar la temperatura. La determinación del consumo de oxígeno fue realizada tomando muestras de agua de entrada y salida de las cámaras respirométricas y determinando el débito de cada una de éstas; en el caso particular de estos experimentos se habilitaron 6 cámaras dejando siempre una vacía como cámara control, sobre todo para que sirviera como valor de referencia en el muestreo de excreción nitrogenada.

La concentración de oxígeno disuelto se determinó con un electrodo de oxígeno acoplado a un analizador digital YSI.

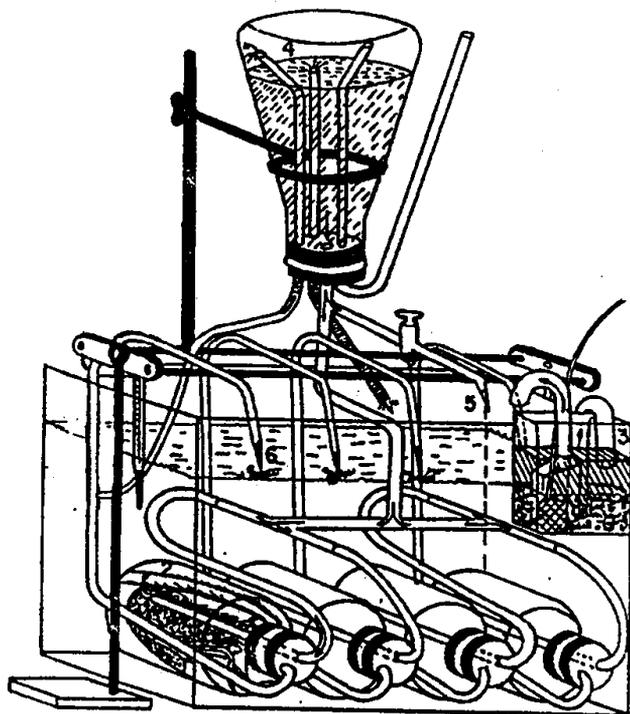


Figura 1 - Esquema de la instalación utilizada para la determinación del consumo de oxígeno y de la excreción nitrogenada en juveniles de la langosta *Panulirus argus* (Martinez & Díaz-Iglesia, 1975).

Para el cálculo del consumo de O_2 se utiliza la siguiente ecuación, planteada por Pora *et al.* (1955):

$$\frac{VO_2}{W} = \frac{(n_1 - n_2) \times d \times 60}{W}$$

en donde:

$\frac{VO_2}{W}$ = oxígeno consumido por el animal en mg/g/h ;

n_1 = concentración del O_2 disuelto en la muestra de entrada;

n_2 = concentración del O_2 disuelto en la muestra de salida;

d = débito del agua en l/min.;

W = peso húmedo del ejemplar en gramos.

Los experimentos se llevaron a cabo con 30 individuos de peso total húmedo de 7.0 a 120.0 g y en el estadio de intermuda.

Antes del muestreo los animales fueron aclimatados por un intervalo de 3 horas, siendo las determinaciones realizadas siempre a las 11:00 AM considerándose éste el periodo del día en el cual la actividad física de los individuos se asemeja más a la conducta que refleja el metabolismo de rutina.

Simultáneamente a las lecturas de oxígeno se tomaron muestras de agua para la determinación del amoníaco (NH_3^+), con el fin de calcular la excreción nitrogenada (N) de los animales mantenidos en las cámaras respirométricas. Estas muestras fueron analizadas por el método del indofenol azul (Strickland & Parsons, 1972).

Aunque se trate de realizar los experimentos a una temperatura estable, siempre se producen pequeñas alteraciones provocadas por cambios en este factor. Por lo tanto los datos fueron ajustados a la temperatura de 25°C utilizando el procedimiento de Winberg (1956).

Se utilizó también la prueba Duncan para el 95% de confiabilidad la cual fue desarrollada en BASIC por Sigarroa (1985). Para el procesamiento primario de los datos se utilizó la planilla de cálculo electrónico Quattro Pro. versión 2.00.

RESULTADOS

Se presentan los resultados de los experimentos referentes al efecto del ayuno prolongado (7 días) sobre la respiración (VO_2) y la excreción nitrogenada (N).

Como parte del inicio de un estudio de algunos elementos del balance energético de la especie se determinó el comportamiento de la actividad respiratoria (VO_2) y excreción nitrogenada (N) en las diversas etapas del proceso de alimentación de juveniles de la langosta *Panulirus argus*.

La intensidad metabólica fue medida en juveniles de *P. argus* con pesos que oscilaron entre 7 y 120 g. Se calcularon las ecuaciones que relacionan la tasa respiratoria (VO_2) y la excreción nitrogenada con el peso del animal para ambos grupos. Como resultado del análisis de covarianza no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para los dos casos como se observa en la Tabla I.

Tabla I - Análisis de Covarianza entre las tasas respiratorias y la excreción nitrogenada del grupo control (alimentado) y el mantenido en ayuno durante siete días.

Grupos	Coef. de regresion	Intercepto
	(b)	(a)
Tasa Respiratoria (VO_2)		
Alimentados	0.8027	0.2845
Ayuno	0.8158	0.1069
t	-0.0610 (ns)	0.2430(ns)
Excreción Nitrogenada (N)		
Alimentados	1.1877	0.1096
Ayuno	0.8860	0.6506
t	0.8680 (ns)	-0.2810(ns)

En la Figura 2 se presenta la relación entre la excreción nitrogenada y el peso para animales alimentados y en ayuno de siete días representándose la recta de regresión común calculada a través de la ecuación $N/W = 0.2043 W^{1.1138}$ ($R^2 = 0.5470$).

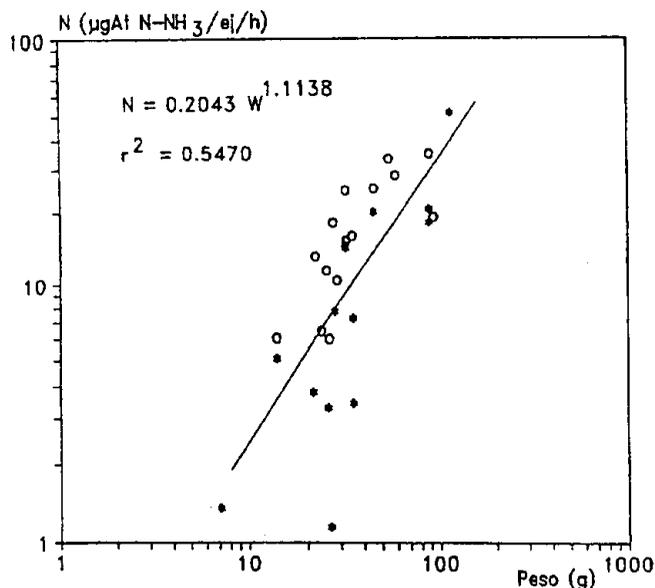


Figura 2 - Excreción nitrogenada en juveniles de la langosta *Panulirus argus* alimentadas (°) y mantenidas en ayuno (*) por siete días.

DISCUSIÓN

Para juveniles de la langosta *Panulirus argus* el consumo de oxígeno varía directamente con el peso sin diferencia significativa de la condición nutricional del individuo considerándose el ayuno prolongado de 7 días.

Wallace (1973) indica que en *Carcinus maenas* la presencia de alimento en el estómago provoca un incremento en la tasa metabólica siendo necesarios hasta varios días para la completa digestión. La continuación del ayuno conlleva el animal a iniciar el metabolismo de los lípidos, mientras que estos asociados a las proteínas corporales son utilizados para el mantenimiento de las reservas de carbohidratos en la hemolinfa durante el ayuno prolongado.

En la langosta *Homarus americanus* Stewart et al. (1972) describen las pérdidas del contenido proteico en la hemolinfa y músculo en consecuencia del ayuno prolongado. Se observa que este proceso se intensifica con la temperatura llegando a los 80% en la hemolinfa y 51% en el músculo considerándose la proporción de 100% para animales alimentados con hígado y sardinas. Las reservas de glucógeno y lípidos en el hepatopáncreas disminuyen en el mismo orden de magnitud que las proteínas en la hemolinfa, siendo más lenta en los lípidos.

Estos planteamientos están de acuerdo con el hecho de que los animales estudiados en este trabajo fueron mantenidos siempre con alimento fresco y de alto contenido proteico, lo que sugiere el mantenimiento de reservas que garantizan el nivel metabólico durante el ayuno, no siendo por lo tanto encontradas diferencias significativas entre las ecuaciones de VO_2 versus peso entre los animales alimentados y con el ayuno de una semana. Sin embargo los resultados para *P. argus* de este trabajo divergen de los obtenidos para *Carcinus maenas* en que la jaiba presentó con el ayuno una reducción en la tasa metabólica de hasta 40% en tres semanas. La disminución del consumo de oxígeno en laboratorio también puede ser considerada una consecuencia de la manipulación durante la captura y transporte de los individuos (Wallace, 1973).

El ayuno prolongado también puede causar la muerte debido a no aceptación de dietas en experimentos con alimentación artificial. En postlarvas de la langosta *Panulirus argus* la mortalidad total fue descrita por Lellis (1992) a los 26 días al probar dieta purificada para crustáceos, mientras que otro grupo alimentado con artemia viva presentó supervivencia de 93.9%.

Refiriéndose a la alimentación en el medio natural Buesa (1966) concluye que se presenta un déficit en la disponibilidad de alimento, verificando en que en sus muestreos la mayoría de los molinos gástricos estaban vacíos. Esto justifica que el ayuno de una semana no refleja significativamente carencia nutricional en juveniles de *P. argus*, pero no se conoce hasta cuando puede soportar en tales condiciones.

De la misma forma que analizando el consumo de oxígeno el ayuno de siete días no reflejó cambios metabólicos calculados a través de la excreción nitrogenada comparada con la ecuación definida para los animales alimentados.

CONCLUSIÓN

El ayuno prolongado de 7 días no alteró significativamente el consumo de oxígeno ni la excreción de amoníaco en juveniles de langostas en las condiciones experimentales estudiadas.

Agradecimientos - Se presentan los agradecimientos al personal de laboratorio del Centro de investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y a Francisco Pereira da Costa por su colaboración en los trabajos de revisión del abstract.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Alcaraz, M. Consumo de oxígeno en función del tamaño y la temperatura en crustáceos. *Inv. Pesq.*, v. 38, n. 2, p. 289-304, 1974.

- Beamish, F & Trippel, E. Heat increment: a static or dynamic dimension in bioenergetic models? *Trans. Amer. Fish. Soc.*, n. 119, p. 649-661, 1990.
- Brito-Pérez, R. & Díaz-Iglesia, E. Observaciones sobre el consumo de alimento y su efecto sobre el crecimiento en juveniles de langosta *Panulirus argus* en el laboratorio. *Rev. Inv. Mar.*, v.9, n. 2, p.75-80, 1983.
- Brito-Pérez, R., Díaz-Iglesia, E.; Rodriguez, E. & Conceição, R.N.L. Metabolismo energético de postlarvas de langosta *Panulirus argus* sometidas a diferentes condiciones experimentales. *Rev. Inv. Mar.*, v. 12, p. 312-322, 1991.
- Brody, S. *Bioenergetics and growth*. Reinhold Publishing Corporation, 1023 p. New York. 1945.
- Buesa-Más, R.J. Bioecología y pesca de la langosta *Panulirus argus* (L.) en Cuba. *Inf. Téc. Centr. Inv. Pesq.*, Habana, n. 161, 1966.
- Crossland, C.J. *Towards a diet for rock lobsters in mariculture*. First Aust. Shellfish Aquaculture Conference Proc., p-105-114. 1988.
- Crúz, R.; Brito, R.; Díaz-Iglesia, E. & Lalana, R. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la I. de la Juventud. *Rev. Inv. Mar.*, v. 3, n. 7, p.3-18. 1986.
- Dall, W. *Review of the physiology of growth and moulting in rock lobsters*. Workshop on lobster and rock lobster ecology and physiology proceedings. CSIRO, Circular no. 7, p. 75-82, 1977.
- Dall, W. & Smith, D.M. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawns, *Penaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture*, v. 1. n. 55, p.23-34, 1986.
- Díaz-Iglesia, E. Consumo de oxígeno y ritmo respiratorio del cangrejo *Carcinus mediterraneus* del litoral rumano del Mar Negro. *Ciencias, Ser. 8, Investigaciones Marinas*, n.30, p. 21, 1976.
- Duncan A. & Klekowski, R.Z. Parameters of an energetic budget. *In: Methods for ecological bioenergetics*. Grodzinski, W.; Klekowski, R.Z. & Duncan, A. (eds), International Biological Programme, Handbook n. 24, p. 97-148, 1975.
- Gallardo, N., González, R.; Carrillo, O.; Arranz, C. & González, R.M. *Detección de insulina y hormona de crecimiento inmunoreactivas en hepatopáncreas de langosta Panulirus argus mediante radioinmunoanálisis*. Biotecnología '92, La Habana, 1992.
- García-Galano, T. Utilización de la harina de lombriz de tierra (*Eudrilus eugeniae*) en la alimentación de post-larvas de camarón blanco, *Penaeus schmitti*. *Rev. Inv. Mar.*, v. 11, n. 2, p.147-155, 1990.
- Joll, J. & Phillips, B.F. Natural diet and growth of juvenile western rock lobsters *Panulirus cygnus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, n. 75, p.145-169. 1984.
- Klein-Breteler, W. Food consumption, growth and energy metabolism of juvenile shore crab, *Callinectes maenas*. *Neth. J. Sea. Res.*, v. 9, ns. 3/4, p.252-272, 1975.
- Lellis, W. A standard reference diet for crustacean nutrition research. *J. W. Aq. Soc.*, v. 23, n. 1, p.1-7, 1992.
- Martínez, A. & Díaz-Iglesia, E. Instalación respirométrica para el estudio de la acción de diversos agentes presentes en el agua de mar. *Inv. Mar., Ser. 8*, n.18, p.1-6, 1975.
- McLeese, D.W. Effects of several factors on the growth of the American lobster *Homarus americanus* in captivity. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, v.29, n.12, p.1725-1730, 1972.
- Phillips, B. F. A semi-quantitative collector of the puerulus larvae of the Western Rock Lobster, *Panulirus longipes cygnus* George (Decapoda, Palinuridae). *Crustaceana*, v.22, n.2, p. 147-154, 1972.
- Pora, E.A.; Rosca, D.; Wittenberger, C. & Stoicovici, F. O metoda comoda de a urmari consumul de oxigen al animalelor acvatice timp indelungat; aplicarea ei la citiva pesti marini. *Bul Inst. Cerc. Pisc. Bucuresti*, v.14, n.1, p.23-28, 1955.
- Regnault, M. Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon* (L.): Metabolic response to prolonged starvation. *J. Comp. Physiol.* n.141, p.549-555, 1981.
- Rosas, C., Sánchez, A.; Díaz-Iglesia, E.; Báez-Hidalgo, M.; Brito, R. & Conceição, R.N.L. (no prelo) *Oxygen consumption and ammonia excretion on Penaeus setiferus, P. schmitti, P. duorarum and P. notialis postlarvae fed with purified test diets: effect of protein level in substrate metabolism*. Resumen presentado ao Congresso da World Aquaculture Society, Torre Molinos, España.
- Sogarroa, A. *Biometría y diseño experimental*. Ed. Pueblo y Educación, 394 p., La Habana, 1985.
- Stewart, J.; Horner, G. & Arie, B. Effects of temperature, food and starvation on several physiological parameters of the lobster *Homarus americanus*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, v.29, n.4, p.439-442, 1972.
- Strickland, J. & Parsons, T. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, n.167, p.1-311, 1972.
- Wallace, J. Feeding starvation and metabolic rate in the shore crab *Carcinus maenas*. *Mar. Biol.*, v.20, n.4, p.277-281, 1973.
- Winberg, G. G. Rate of metabolism and food requirements of fishes. *Fish. Res. Bd. Canada, Trans. Ser.*, n. 194, p.202, 1956.
- Zoudek, P. Nitrogen excretion by the Cape Rock lobster *Jasus lalandii* and its possible contribution of the inshore Benguela system. *J. Mar. Sci.*, n.5, p.565-574, 1987.