

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA TASA METABOLICA ESTANDAR EN EL CANGREJO ROJO, *Procambarus clarkii* (DECAPODA: CAMBARIDAE), EN EL BAJO GUADALQUIVIR (S. ESPAÑA)

P. J. Gutiérrez-Yurrita, M.A. Bravo-Utrera, J.R. Jordá, A. Baltanás & C. Montes

Departamento de Ecología

Universidad Autónoma de Madrid. 28049-MADRID (España)

Palabras clave: Especies introducidas, Metabolismo, Cangrejo Rojo, Parque Nacional de Doñana

Keywords: Introduced species, Metabolism, Red Swamp Crayfish, Doñana National Park.

ABSTRACT

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE STANDARD METABOLIC RATE FOR THE RED SWAMP CRAYFISH, *Procambarus clarkii* (DECAPODA: CAMBARIDAE), IN THE LOWER GUADALQUIVIR (S. SPAIN)

The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* is a native species of Northamerica wich was introduced to the Lower Guadalquivir marshes in 1974. It became neccesary to adopt control measures as a result of the environmental impact of this species in the zone of introduction. The objctive of this study was to compare into concerning size and metabolic rates of crayfish from two different natural environments within the Doñana National Park, and from an artificial fishfarm in Villafranco del Guadalquivir. From mathematical model obtained using weight and length no statistical differences were found among the 3 sites compared. Therefore data for all 3 sites was aggregated. The growth model produced by aggregation data from all 3 sites had a slope greater than 3, indicating that crayfish are growing more in weight than in length at this moment. When comparing oxygen consumption and live weight, again no statistical differences were found among sites. The mathematical model for aggregated data for these parameters had a slope of 0.66, indicating that oxygen consumption is related to lenght of individuals, and that small individuals consume relatively more oxygen than larger ones. It is therefore suggested that removal of small specimens will have a great beneficial effect than removal of larger individuals.

INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos tienen un relevante papel en los ecosistemas que habitan pudiendo llegar a dominar la producción anual del macrobentos en un sistema lacustre dado (JONES & MOMOT, 1984). Por ello, y por su notable importancia comercial, han sido objeto de amplios estudios destinados a comprender los mecanismos de su biología y ecofisiología que les capacitan para ajustar sus tasas metabólicas a la gran diversidad de ambientes en los que viven (DÍAZ & LATOURNERIÉ, 1980).

El cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*), que por sus características politróficas, su ciclo de vida relativamente simple, su gran tolerancia a los cambios ambientales y su euriplasticidad fisiológica, es una especie idónea para su cultivo comercial (WIERNICKI, 1984), fue

introducido en la marisma del Bajo Guadalquivir en 1974. Como afirman HUNER & BARR (1991), esta especie es el único decápodo de aguas continentales cuyo cultivo a gran escala en zonas templadas proporciona beneficio económico. Sin embargo, la importancia del impacto producido hasta ahora por el cangrejo rojo en el Bajo Guadalquivir y el Parque Nacional de Doñana hace pensar en la necesidad de adoptar medidas para el control de su distribución y sus poblaciones. La dificultad de poner éstas en práctica, así como la existencia de pesca furtiva, plantea como primera posibilidad la de diseñar un plan de pesca cuyos objetivos sean el control de la población del cangrejo y el impacto por ella generado, eliminando a su vez, la pesca furtiva en el PND (MONTES coord., 1993).

En este contexto, se ha visto que los estudios de tipo ecofisiológico son buenos indicadores para conocer el im-

pacto potencial de una especie en cierto ecosistema (KAY & BRAFIELD, 1973; KITCHELL *et al.*, 1977), así como para saber la posibilidad de éxito al intentar generar una biotecnia específica para su explotación semi-intensiva (WIERNICKI, 1984; RE ARAUJO & BUCKLE, 1985; RODRÍGUEZ-SERNA, 1991). En el caso específico de este análisis preliminar que aquí presentamos, se consideró el metabolismo aerobio estándar como índice central para evaluar el impacto de la actividad del cangrejo rojo en la zona y sentar las bases para futuros trabajos que proporcionen modelos con los que se pueda predecir y minimizar su impacto ecológico (SOUTHWOOD, 1966; LEUNG, 1986). Ante la dificultad de obtener estimas del metabolismo basal, esto es, la tasa respiratoria mínima de individuos en estado de vigilia, se registró el metabolismo aerobio estándar definido como la estimación de la tasa de consumo de oxígeno en un organismo bajo condiciones fijadas por el experimentador (PETERS, 1983).

El objetivo de este trabajo es obtener información de la influencia que la talla tiene en la tasa metabólica estándar del cangrejo rojo para diversos ambientes del Bajo Guadalquivir, con el fin de sentar las bases necesarios para desarrollar estudios posteriores que ayuden a su gestión.

MÉTODOS

Los individuos empleados proceden de dos estaciones de muestreo situadas en el interior del Parque Nacional de Doñana (PND), la Laguna del Acebuche y el Lucio del Bolín, y de un vivero de Villafranco del Guadalquivir (Se-

villa) que recibía, en el momento de iniciar el trabajo, ejemplares de cangrejo procedentes de los arrozales de Isla Mayor. Los cangrejos se capturaron en octubre de 1992 y se transportaron hasta el laboratorio en redes de malla y cajas de madera, permitiendo en ambos casos la circulación del aire y manteniendo un grado de humedad suficiente (HUNER, 1987).

Previo a los experimentos, se aclimataron los ejemplares en agua con oxígeno disuelto a saturación (8 mg l^{-1}), a temperatura ambiente (17 a 20°C) durante 15 días. La alimentación *ad libitum* consistió en alimento comercial para peces y tortugas. Veinticuatro horas antes de realizar los experimentos los individuos se dejaron en ayuno (HUNER, 1987).

Para la medida del consumo de oxígeno se emplearon dos cámaras metabólicas (Figura 1); en una de ellas se introducían varios ejemplares de cangrejo mientras la otra quedaba vacía y era empleada como control. Para realizar los experimentos se agruparon los ejemplares de cangrejos por tallas, por sexos y por procedencias, de forma que se consiguieran grupos de experimentación lo más homogéneos posible. La necesidad de agrupar los ejemplares estudiados viene dada por la dificultad de detectar las variaciones en la concentración de oxígeno de las cámaras metabólicas cuando sólo un individuo es activo en su interior. El número de cangrejos empleados en cada experiencia (de uno a siete individuos) se decidió conforme a su peso fresco, de forma que la biomasa total presente en la cámara fuera semejante en cada ensayo. Los datos biométricos registrados fueron longitud total (mm), peso fresco

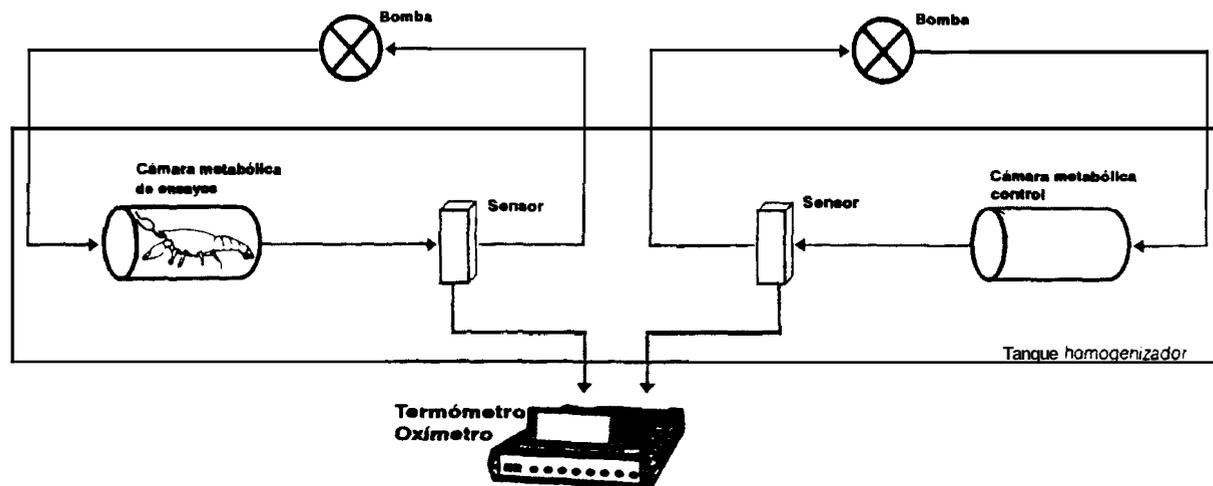


FIGURA 1. Esquema del sistema experimental empleado
FIGURE 1. Design of experimental system used.

(g) y peso vivo (cantidad de materia orgánica en g). Este último dato se refiere al peso seco libre de cenizas que se obtiene dejando secar las muestras a 90°C hasta peso constante (peso seco), para posteriormente someterlas a combustión (550°C) durante dos horas. El peso vivo se calcula por la diferencia entre el peso seco y el de las cenizas resultantes tras la combustión. La precisión del método es de ± 0.005 g (GROVES, 1975).

Puesto que el peso varía como una potencia de la longitud (RICKER, 1971), se ajustaron los datos observados para ambas variables conforme al siguiente modelo alométrico: $W = aL^b$, siendo W el peso vivo y L la longitud. Como a y b son característicos para cada población particular, este modelo se aplicó a cada uno de los lugares de estudio con el objeto de saber si habría o no diferencias estadísticamente significativas entre ellos y poder agruparlos en un modelo general, sin perder precisión (LAVIGNE, 1982). De igual forma, la relación entre el consumo de oxígeno y la talla de los cangrejos se calculó como un caso especial de la fórmula alométrica (PANDIAN, 1967; DAME, 1973).

Para discernir sobre la posible influencia que sobre la variable estudiada, el consumo de O₂ o tasa metabólica estándar (TME), pudieran tener otras variables además del peso vivo de los organismos (p.e. sexo, hora del experimento y lugar de procedencia de los ejemplares) se realizó un análisis multifactorial de la varianza. La relación entre la TME y el peso vivo medio de los individuos estudiados se analizó mediante un análisis de regresión en el que se asume un modelo alométrico de la forma $TME = a(\text{PESO})^b$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el estudio se utilizaron 71 individuos que se agruparon en 20 clases de peso comprendidas en el intervalo de 0.28 a 6.83 gramos. En la Figura 2 se representa la frecuencia relativa acumulada porcentual con respecto al peso vivo de los individuos estudiados. Se aprecia la existencia de tres clases de peso que coinciden con las diferentes estaciones de muestreo. Cada una de estas clases fueron analizadas por separado en los trabajos metabólicos.

La Tabla 1 muestra los modelos matemáticos estimados para cada una de las localidades. Una comparación de las pendientes de dichos modelos no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0.05$) (ZAR, 1992), por lo que todos los datos se agruparon en un modelo general (Figura 3). En este modelo la pendiente, que

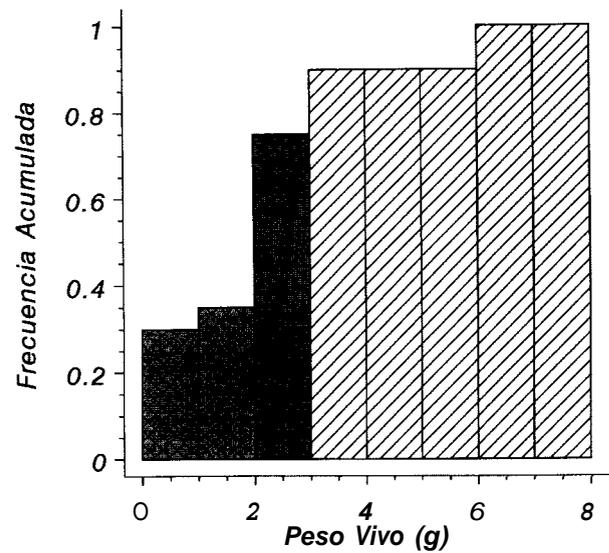


FIGURA 2. Frecuencia relativa acumulada porcentual respecto al peso de los individuos empleados en este estudio.

FIGURE 2. Accumulative percentage of relative frequency of the organisms used in this study.

expresa la relación alométrica entre el peso y la longitud, es de 3.64 ($p < 0.001$; $r^2 = 0.98$). El valor teórico predicho para la pendiente es de 3, ya que el peso varía como función del volumen del animal, que no es sino una expresión potencial (L^3) de la longitud (L) (RICKER, 1971). Para una pendiente igual a 3 el diseño del organismo no varía con su crecimiento; ahora bien, las desviaciones de este valor teórico reflejarán cambios en el diseño general del organismo conforme éste aumenta su tamaño (GUTIÉRREZ-YURRITA *et al.*, 1991).

Este tipo de crecimiento está relacionado con el estado metabólico del animal (ARMITAGE & WALL, 1982), en especial cuando se encuentra el organismo en ambientes con fluctuaciones periódicas (GUTIÉRREZ-YURRITA *et al.*, 1992) como es el caso de *P. clarkii* en la marisma del Bajo Guadalquivir. Si este crecimiento es característico de especies en ambientes fluctuantes, cabe esperar que tengan un cambio sustancial en el contenido de materia orgánica y de cenizas, lo cual les favorece para resistir las situaciones adversas del ambiente, al acumular materia orgánica en época favorable para utilizarla como reserva en la estación adversa (KAY & BRAFIELD, 1976; LAVIGNE, 1982).

La tasa metabólica estándar no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) respecto al sexo y a la hora, sin embargo, sí aparecieron diferencias en las tasas de consumo de O₂, medidas entre los individuos capturados

TABLA 1. Modelo matemático de la regresión del peso vivo medio (g) sobre la longitud total (mm) para el conjunto de datos.
TABLE 1. Mathematical model of the live weight (g) versus total length (mm) regression for overall data.

	Estima	Error estándar	t	Nivel de prob.
Constante	3.2E-7	1.5	-32.78	<0.001
Pendiente	3.64	0.11	34.19	<0.001
R cuadrada = 98.48%				
Error estándar de la estima = 0.11				

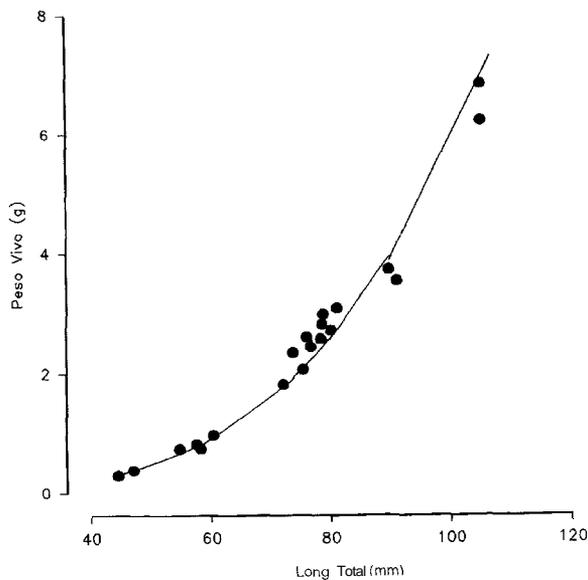


FIGURA 3. Curva de la regresión del peso vivo (g) sobre la longitud total (mm).

FIGURE 3. Regression curve of the live weight (g) versus total length (mm).

en distintos lugares. Un análisis más detallado permitió comprobar que esta situación era debida al efecto indirecto provocado por la diferencia de tamaños de los cangrejos integrantes de cada estación. En efecto, los organismos más pequeños de entre los empleados provenían de El Bolín, mientras que los pesos medios eran del Arrozal y los mayores pesos del Acebuche. Por lo tanto, fue el peso vivo medio de los individuos estudiados la única variable empleada como descriptor de la tasa metabólica de los individuos estudiados.

La Tabla 2 presenta los valores de tal modelo ($r^2=0.82$), así como su análisis de varianza asociado. La figura 4 muestra gráficamente el modelo, donde se aprecia que el

consumo de oxígeno disminuye potencialmente con respecto al aumento del peso del cangrejo, lo que indica un metabolismo más rápido en las tallas inferiores respecto a las tallas mayores; este efecto ha sido encontrado por SIERRA (1993, com. pers.) para *P. clarkii* en el Norte de México, así como por GUTIÉRREZ-YURRITA (1994, en prensa) con otras especies del género *Procambarus*.

La pendiente del modelo (0.66) indica que el consumo de oxígeno en esta fase metabólica no depende únicamente del peso del individuo, sino que hay otros factores externos a su metabolismo involucrados. A este respecto ARMITAGE & WALL (1982) y más recientemente HOBBS III (1991), han sugerido que las fluctuaciones en el consumo de oxígeno están influenciadas por el ritmo circadiano de cada especie y que este ritmo está determinado en gran medida por las variaciones ambientales. Por otro lado, se ha reportado en la literatura especializada que un exponente con valor cerca de 0.66 indica que el consumo de oxígeno depende de la longitud del organismo; el valor cercano a 0.75 indica que no hay dependencia ni de la longitud ni del peso, mientras que un exponente con valor cercano a 0.99 denota dependencia del consumo de oxígeno con respecto al peso (FRY, 1971; GROVES, 1975).

CONCLUSIONES

El consumo de oxígeno no está influido por el sexo ni por la hora en que se realizaron los diversos experimentos. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de la Laguna del Acebuche y las provenientes del Arrozal.

El tipo de crecimiento en todas las localidades presentó pendiente superior a tres, al igual que el global, por tanto, los individuos aumentan más en peso que en longitud.

TABLA 2. Valores del modelo de la tasa de consumo de oxígeno ($\text{mg l}^{-1} \text{h}^{-1}$) respecto al peso vivo (g) de los individuos
 TABLE 2. Data model of the oxygen consumption rate ($\text{mg l}^{-1} \text{h}^{-1}$) versus live weight (g) of the organisms.

	Estima	Error estándar	Nivel de prob.
Constante	-0.73	0.062	<0.0001
Pendiente	0.66	0.059	<0.0001
R cuadrada = 87.36%			
Error estándar de la estima = 0.2			

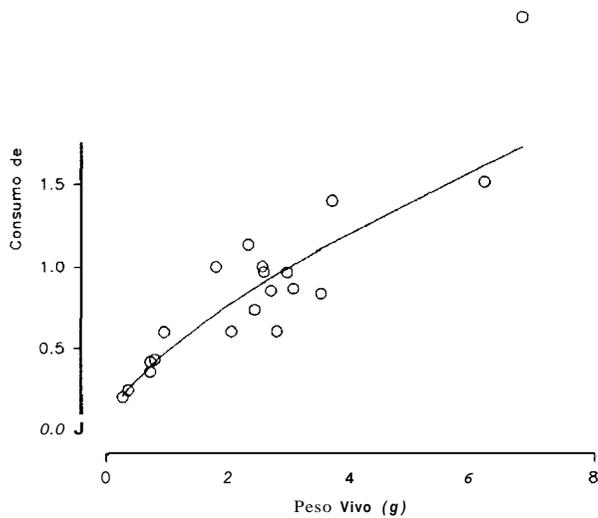


FIGURA 4. Representación gráfica de la tasa de consumo de oxígeno ($\text{mg l}^{-1} \text{h}^{-1}$) respecto al peso vivo (g) de los individuos.
 FIGURE 4. Graphic representation of the model of the oxygen consumption rate ($\text{mg l}^{-1} \text{h}^{-1}$) versus live weight (g) of the organisms.

El consumo de oxígeno por unidad de peso es inversamente proporcional al peso del organismo, por lo que hace a los individuos de tallas menores explotar más intensamente los recursos de su entorno, respecto a los de mayor talla.

El valor del exponente del modelo del consumo de oxígeno respecto al peso indica que hay dependencia neta del primer factor con respecto a la longitud del organismo.

En virtud de que a igual biomasa la explotación del medio y en algunos casos su alteración, es mayor en cangrejos de tallas (edad) más pequeñas, se podría decir que este hecho tiene gran relevancia para implementar un plan de

gestión, al potenciar las clases de mayor talla (edad) frente a las pequeñas ya que poseen un metabolismo más bajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARMITAGE, K.B. & T.J. WALL, 1982. The effects of body size, starvation and temperature acclimation on oxygen consumption of the crayfish *Orconectes nais*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73(1): 63-68.

DIAZ, F. & J.R. LATOURNERIÉ-CERVERA. *Factores fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo energético de dos especies de penaeidos (Penaeus aztecus y P. setiferus) de la Laguna de Mandinga, Ver. Méx.* Tesis profesional Fac. Ciencias, UNAM, Méx. 38pp.

DAME, R.F., 1973. The ecological energies of growth, respiration and assimilation in the intertidal american oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Biology*, 17: 243-250.

FRY, F.E.J., 1971. The effect of environmental factors of the physiology of fish. In: *Fish physiology*, vol. IV (HOAR ed.), 1-99. Academic Press USA.

GROVES, T.D.D., 1975 (ed.). *Methods for ecological bioenergetics*. Blackwell Sci. Pub. IBP #24, Oxford.

GUTIÉRREZ-YURRITA, P.J., J.R. LATOURNERIÉ-CERVERA & A.M.L. AMAYA, 1991. Estudios preliminares sobre la biología (relaciones morfométricas, materia orgánica y contenido de ceniza) de dos especies de acociles con potencialidad económica en México: *Procambarus houvieri* y *P. digueti* (CRUSTACEA: DECAPODA: ASTACIDAE). *Resúmenes del XI Cong. Nal. de Zool.* (México).

GUTIÉRREZ-YURRITA, P.J., J.R. LATOURNERIÉ-CERVERA & A.M.L. AMAYA, 1992. An ecophysiological assessment upon the aquacultural potential of two crayfish species of the genus *Procambarus* from México. *IX I.A.A. Int. Symposium* at Reading University, England.

- GUTIÉRREZ-YURRITA, P.J., 1994 (en prensa). *Estudios ecofisiológicos sobre algunos aspectos del metabolismo energético de Procambarus houvieri y P. digeti (CRUSTACEA: DECAPODA: ASTACIDAE)*. Tesis (Master in Sci.), Fac. Ciencias, UNAM. México.
- HOBBS (III), H.H., 1991. Decapoda. In: *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (Thorp, J.H. & A.P. COVICH eds.), pp: 823-858. Academic Press. USA.
- HUNER, J.V., 1987. Tolerance of the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae) to acute hypoxia and elevated thermal stress. *J. World Aquaculture Society*, 18, n° 2.
- HUNER, J.V. & J.E. BARR. 1991. *Red swamp crawfish. Biology and exploitation*. 3rt. Ed. Louisiana Sea Grant College Program. LSU. Baton Rouge.
- JONES, P.D. & W.T. MOMOT, 1984. The bioenergetics of *Orconectes virilis* in a Pothole Lake. *Proc. 4th. Int. Crayfish Symposium* (Baton Rouge, Louisiana, USA).
- KAY, D.G. & A.E. BRAFIELD. 1973. The energy relations of the polychaete *Neanthes (=Nereis) virens* (Sars). *Animal Ecol*, 42 (8): 673-692.
- KITCHELL, J.F., D.J. STEWART & D. WEININGER, 1977. Applications of a bioenergetic model to yellow perch (*Perca flavus*) and walleye (*Stizosredion vitreum vitreum*). *Fish. Res. Board. Can.*, 34: 1922-1935.
- LAVIGNE, D.M., 1982. Similarity in energy budgets of animal populations. *Animal Ecol*, 51: 195-206.
- LEUNG, P.S., 1986. Applications of systems modeling in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 5: 171-182.
- MONTES C. (coordinador), 1993. *Bases ecológicas para la gestión del cangrejo rojo en el Parque Nacional de Doñana*. Memorias de los trabajos realizados por la U.A.M. Madrid.
- PANDIAN, T.J., 1967. Intake, digestion, absorption and conversion of food in the fishes *Megalops cyprinoides* and *Ophiocephalus striatus*. *Marine Biology*, 1: 16-32.
- PETERS, R.H., 1983. *The ecological implications of body size*. Cambridge University Press. U.K.
- RE ARAUJO, A.D. & L.F. BUCKLE, 1985. Crecimiento y sobrevivencia de *Procambarus clarkii* (Girard) (Crustacea, Decapoda) con diferentes temperaturas y dietas isocalóricas. *Ciencias del Mar*, 11(2): 39-68.
- RICKER, W.E., 1971. *Methods for assesment for fish production in freshwater*. Hanbbook IBP #3. Oxford Pub.
- RODRIGUEZ-SERNA, M., 1991. *Influencia de la dieta en la eficiencia de la asimilación: pérdida de energía por respiración y productos nitrogenados en el balance energético del acocil Cambarellus montezumae (Saussure) (Crustacea, Astacidae)*. Tesis profesional U.A. Metropolitana, México.
- SOUTHWOOD, T.R.E., 1966. *The estimation of productivity and the construction of energy budget*. Chapman and Hall. London.
- WIERNICKI, C., 1984. Assimilation efficiency by *Procambarus clarkii* fed elodea (*Egeria densa*) and its products of decomposition. *Aquaculture*, 36: 203-215 .
- ZAR, J.H., 1992. *Biostatistical analysis*. 2ª Ed. Prentice Hall Inc. Toronto, Canada .