

BALANCE ENERGÉTICO DEL ACOCIL *Cambarellus montezumae* (Saussure) (CRUSTÁCEA:ASTACIDAE:CAMBARIDE) PÉRDIDA DE ENERGÍA EN LA TASA METABÓLICA

ENERGETIC BALANCE OF CRAYFISH *Cambarellus montezumae* (Saussure)
(CRUSTACEA:ASTACIDAE:CAMBARIDE): ENERGY LOSS IN THE METABOLIC RATE

Miguel Rodríguez-Serna (mrs@fciencias.unam.mx)¹

Claudia Carmona-Osalde (carmona@mda.cinvestav.mx)²

¹Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Ecología y Recursos Naturales
Laboratorio de Biología Marina Experimental. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Unidad Mérida (CINVESTAV-IPN) Departamento de Recursos del Mar, Laboratorio de Nutrición.
Mérida, Yucatán, México

Artículo recibido: 04 de junio de 2002

Artículo aceptado: 19 de noviembre de 2002

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar las pérdidas de energía por el metabolismo y su efecto en la nutrición de los acociles de la especie *Cambarellus montezumae* (Saussure). Este trabajo involucró un estudio con acociles juveniles, obtenidos en la Presa Guadalupe Victoria del Estado de México. Los organismos se alimentaron con *Elodea* sp. (planta acuática que se encuentra disponible en su hábitat) sometida a un proceso de ensilado de 15 días. El sistema experimental consistió en cuatro cajas de plástico de 25 l, de las cuales dos se mantuvieron a 17°C y las otras dos a 23°C. Dentro de éstas se colocaron 15 cámaras de 1 l con tres acociles en cada una, teniendo cinco niveles de ración en cada temperatura (0, 1, 3, 5, 10 porcentaje del peso del ejemplar por día -% ind/día-) y tres réplicas por nivel. Las ecuaciones se expresan en calorías/ejemplar en un lapso de 24 horas. En conclusión, la temperatura de 17°C mostró la mayor tasa de consumo, así como la mejor eficiencia de asimilación. El nivel de ración 5 presentó la mayor tasa de ingesta considerando la relación consumo-crecimiento de *C. montezumae*. El alimento ensilado no fue adecuado para el óptimo crecimiento de esta especie.

Palabras clave: acociles juveniles, *Cambarellus montezumae*, tasa de consumo, eficiencia de asimilación, Presa Guadalupe Victoria

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the energy losses by metabolism and its effect on the nutrition status of the crayfish *Cambarellus montezumae* species (Saussure). This work involved the study of juvenile crayfishes sampled in the Guadalupe Victoria dam in the state of Mexico. The organisms were fed with *Elodea* sp. (aquatic plant available in its habit), submitted to a silage decomposition process for 15 days. The experimental system consisted of four plastic boxes of 25 l each one from which two were maintained at 17°C and the others at 23°C. Inside of each box, 15 chambers of 1 l were placed with three crayfish in each, having five ration levels by temperature (0, 1, 3, 5, 10 percentage of individual weight by day -% ind/day-) and three repetitions in each level. The equations are expressed in calories/specimen in a 24 h lap. In conclusion, the highest consumption rate was observed at 17 °C, as well as the best assimilation efficiency. The ration 5 level showed the highest ingestion rate, considering the consumption-growth relationship in *C. montezumae*. The sillaged food was not adequate for the optimal growth of this species.

Key words: juvenile crayfish, *Cambarellus montezumae*, consume rate, assimilation efficiency, Guadalupe Victoria dam

INTRODUCCIÓN

Dentro de la actividad acuícola el crecimiento y la engorda de los organismos son fases que se pueden considerar como

superadas en la mayoría de los cultivos. Este desarrollo se ha sustentado más en un conocimiento práctico que científico. México cuenta en la actualidad con varias especies de crustáceos que son utilizadas en prácticas acuícolas como el camarón y el langostino.

Sin embargo, existen especies que por sus características podrían emplearse en estas prácticas y a las cuales se les ha puesto poca atención, tal es el caso de los Cambáridos (Huner, 1981; Huner y Avault, 1985; Holdich y Lowery, 1988; Villarreal, 1990; Rodríguez-Serna, 1999). Si bien es cierto que se conoce poco acerca de los atributos de este recurso en México, hay que recordar que en algunos estados del país estos crustáceos tienen gran aceptación, siendo consumidos como parte de la dieta diaria. Los acociles son de los pocos crustáceos que habitan los arroyos y depósitos lacustres continentales por lo que son considerados organismos cosmopolitas, ya que han logrado distribuirse en todos los continentes, en cuerpos de agua dulce lóticos, lénticos o hipogeos. Viven tanto en climas templados como subtropicales, por lo que son los miembros más importantes, grandes y longevos de las comunidades macrobentónicas dulceacuícolas. Estos, han invadido exitosamente una gran diversidad de hábitats, ya que son tolerantes a los cambios de humedad y temperatura (Espina *et al.*, 1993; Bückle *et al.*, 1994), sus características fisiológicas les permiten adaptarse a variaciones climáticas extremas, asimismo presentan una gran capacidad de asegurar la reproducción y supervivencia de su progenie frente a situaciones catastróficas, dado su estrategia tipo "r" y euriplasticidad (Gutiérrez-Yurrita, 1997).

Para determinar la tasa metabólica de los organismos dulceacuícolas algunos de los parámetros empleados son: la ingesta, la excreción y la respiración. La energía del alimento asimilado menos las pérdidas nitrogenadas representan la energía disponible para el crecimiento, que es donde se transforman los materiales de la dieta en constituyentes celulares. La energía que se disipa en forma de calor, se calcula usualmente mediante calorimetría indirecta, utilizando los equivalentes oxicalóricos del oxígeno consumido que se expresa en calorías. El valor calórico del alimento considera la composición porcentual de los componentes digeridos en forma conjunta con las excreciones no fecales, sin embargo, este valor no toma en cuenta las pérdidas de energía por calor, por lo que más que una

energía neta es una estimación del metabolismo global del organismo (Elliott y Davison, 1975; Prus, 1975; Brett y Groves, 1979; Lampert, 1984). Bajo esta perspectiva el objetivo de este trabajo es el determinar los parámetros de las pérdidas de energía por el metabolismo y el efecto de la dieta en el desarrollo del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolecta

La presa Guadalupe Victoria, se localiza a los 99° 26' de longitud Oeste y 99° 13' de latitud Norte a 17 Km. de la carretera Marquesa-Tenango, aproximadamente a una hora de la ciudad de México. El poblado más cercano es San Miguel Almaya, perteneciente al municipio de Capulhuac, Estado de México. Los organismos sujetos al estudio fueron recolectados en los meses de febrero y marzo, con redes de cuchara de 70 cm de diámetro y 0.25 pulgadas de abertura de malla. Los organismos se transportaron al laboratorio en bolsas de plástico con agua del medio y a la cual se le inyectó oxígeno, cerrándose la bolsa inmediatamente con liga de neopreno.

Mantenimiento

Los acociles, juveniles de ambos sexos y en estadio de intermuda, se mantuvieron en acuarios de plástico de 40 l. con agua del medio y aireación constante. Éstos se aclimataron y crecieron durante dos semanas bajo dos regímenes de temperaturas que fueron 17°C y 23°C obtenidas a partir del trabajo de Cornejo (1991), estas representan la selección máxima y mínima térmica para la especie. Asimismo, los recambios parciales de agua se realizaron cada tres días para prevenir una baja en la calidad de agua, mientras que la dieta suministrada consistió en *Elodea fresca ad libitum*.

Diseño experimental

Durante la corrida experimental se utilizaron un total de 180 animales entre los 0.02 y 0.13 g (Clase Talla 1) y los 0.14 y 0.22 g (Clase Talla 2). El criterio utilizado para obtener las clases talla se tomó de Wenner *et*

al. (1974). El sistema experimental consistió en cuatro cajas de plástico de 25 l, de las cuales dos se mantuvieron mediante un sistema de enfriamiento (Chillers Arcoaire®) a 17°C y otras dos a 23°C. Dentro de éstas se colocaron 15 cámaras de 1 l, con tres animales cada una. El experimento se dividió en cinco niveles de ración para cada temperatura (0 [se tomó como control], 1, 3, 5, 10 del Porcentaje del peso del ejemplar por día [% ind/día]) trabajando tres réplicas por nivel de ración.

La tasa metabólica de rutina, que es la energía empleada en el trabajo diario, se determinó mediante el consumo de oxígeno en ciclos de 24 horas mediante la toma de muestras de agua de la cámara cerrada, donde se encontraba el organismo. Ésta se registró con un oxímetro YSI modelo 54 ARC. Las mediciones, al igual que las excreciones, se efectuaron cada 4 horas con un periodo de aireación de 1/2 horas (Gutiérrez-Yurrita, 1997). El estrés por la luz o la observación se evitó al cubrir las cámaras con papel oscuro durante todo el ciclo.

Análisis de datos

A los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos se les aplicó un análisis de varianza de dos vías (MANOVA) y para el contraste de las medias se utilizó un análisis de rangos múltiples de Tukey (Zar, 1974). Asimismo, con el fin de evaluar el efecto de la temperatura sobre la tasa metabólica de los acociles se calculó el Q_{10} (Lampert, 1984).

$$Q_{10} = (R2/R1)^{(10/T2-T1)}$$

donde:

Q_{10} = incremento de la tasa metabólica en un intervalo de temperatura dado.

R1 = tasa metabólica a la temperatura inferior.

R2 = tasa metabólica a la temperatura superior.

T1 = temperatura baja.

T2 = temperatura alta.

Los coeficientes oxalóricos para la obtención del gasto energético fueron para

proteína 3.20 cal/ mg Oxígeno; lípidos 3.28 cal/ mg Oxígeno y carbohidratos 3.53 cal/ mg Oxígeno los cuales se obtuvieron de Kay y Brafield (1973), Elliott y Davison (1975), Brett y Groves (1979) y Lampert (1984). Los coeficientes al ser multiplicados por el gasto metabólico (QO_2) y el correspondiente porcentaje dentro de la muestra (éste obtenido a través del análisis químico proximal) proporciona el gasto energético en calorías, el cual se representa en unidades de calorías / ejemplar peso seco por día. Finalmente, al término de los ciclos de 24 horas se sacrificaron los acociles para practicarles un análisis químico proximales.

RESULTADOS

Los índices del metabolismo, en donde se observa que los mayores registros se presentaron a 23°C para ambas clases de talla, con excepción en los tratamientos 3, 5 y 10 en la clase talla 1, en la cual su mayor incremento se encuentra a 17°C. (tabla 1). En la tabla 2 se observa el efecto de la temperatura mediante el Q_{10} la cual determinó que la temperatura de 23°C influye en el metabolismo y visiblemente en la clase talla 2, la cual no presentó actividad durante el desarrollo del experimento.

En la tabla 3 se presenta la composición del alimento antes y después del ensilado. En ésta se observa que los componentes del alimento disminuyen después del proceso de mineralización, hasta casi un 50% en todos los aspectos del análisis, con excepción de las cenizas que presentó un aumento. En la tabla 4 se presenta la actividad en base al gasto metabólico durante las fases diurna y nocturna para *C. montezumae*, ésta se realizó mediante la comparación de los porcentajes del consumo de oxígeno. En lo general se presentó un mayor consumo durante la fase diurna que durante la fase nocturna en ambas temperaturas y clase talla, sólo la clase talla 1 a 17°C presentó un mayor consumo de oxígeno durante la fase nocturna.

Tabla 1. Metabolismo energético de *Cambarellus montezumae* (Saussure) efecto de la talla, temperatura y nivel de ración. * El asterisco indica diferencia significativa ($p < 0.05$)

Temperatura (°C)	Clase Talla (g)	N	Tasa metabólica (mg O ₂ /ejemplar Peso seco x día) ± E. S.				
			Niveles de ración (% Pc/ ej. x día)				
			0	1	3	5	10
17	0.02-0.13	9	1.5±0.8	1.6±0.4	3.5±0.2	4.5±0.8	3.5±0.6
	0.14-0.22	9	1.9±0.3	1.7±0.3	1.7±0.4*	1.8±0.3*	0.7±0.1*
23	0.02-0.13	9	1.8±0.3	2.4±1.2	2.9±0.8	4.2±0.7	3.2±0.6
	0.14-0.22	9	1.9±0.3	3.0±0.6	2.0±0.6	1.7±0.4	1.5±0.4*

Tabla 2. Comparación del coeficiente metabólico (Q₁₀) de *Cambarellus montezumae* (Saussure) en diferentes combinaciones de nivel de ración, talla y temperatura.

Clase Talla (g)	Temperatura (°C)	Q ₁₀		
		Nivel de ración (% Pc/ ej. x día)		
		3	5	10
0.02-0.13	17 vs 23	0.72	0.35	0.84
0.14-0.22	17 vs 23	1.35	0.90	3.80

Tabla 3. Análisis bromatológico y coeficientes oxalóricos.

Componentes	<i>Elodea</i>	Alimento (<i>Elodea ensilada</i>)	Acociles
Proteína cruda	21.64	13.61	51.38
Grasa cruda	1.94	0.65	0.60
Cenizas	18.06	38.62	26.53
Fibra cruda	19.56	13.57	12.05
Extracto libre de N ₂	38.80	33.55	9.44
Relación (Lípido : Proteína)	1:11	1:21	
Coeficiente oxalórico (Calorías / g Peso seco x día)	3.3528	3.3624	3.3624

Tabla 4. Comparación de la actividad circadiana en porcentaje (%) en el metabolismo del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure); influencia de la talla, nivel de ración y temperatura. * Se remarca el porcentaje de la actividad diurna de acocil *C. montezumae* utilizando las mediciones de la tasa metabólica.

Temperatura (°C)	Clase Talla (g)	N	Fase	Nivel de Ración					Promedio (%)
				0	1	3	5	10	
17	0.02-0.13	9	Día	21	39	51	49	53	42.6*
			Noche	79	61	49	51	47	57.4
	0.14-0.22	9	Día	57	57	51	48	59	54.4
			Noche	43	43	49	52	41	45.6
23	0.02-0.13	9	Día	43	75	55	43	47	52.6
			Noche	57	25	45	57	53	47.4
	0.14-0.22	9	Día	76	73	80	72	70	74.2
			Noche	24	27	20	28	30	33.8

DISCUSIÓN

Al realizar una comparación entre las temperaturas es 17°C la que resulta más propia para el desarrollo del *Cambarellus montezumae* con relación a la alimentación y

a la talla alcanzada (Aguilar, 1991). Mientras que, la temperatura de 23°C se presentó un lento crecimiento y una mayor tasa metabólica por lo que esta temperatura actúa como un factor de estrés, la cual es

reconocida para la fase de crecimiento por Gerking (1955a y b); Klekowski y Duncan (1975); Duncan y Klekowski (1975); Richly y Marina (1977); Brett y Groves (1979) y Gutiérrez-Yurrita (1990).

En la clase talla 1 se registró el mayor consumo de oxígeno para ambas temperaturas. Asimismo a 17°C se encontraron los mayores índices en los tratamientos 3, 5 y 10, esto se explica por la variación de la tasa metabólica con relación al peso y la talla (Gerking, 1955a; Paloheimo y Dickie, 1966; Job, 1969a y b; Edwards *et al.*, 1972), ya que es en esta clase talla donde el organismo requiere de mayor energía para su crecimiento dado que presenta constantes cambios del exoesqueleto (ecdisis). El nivel de ración en el que se observa el de mayor gasto energético fue el 5% del peso del organismo para ambas temperaturas.

Al comparar el nivel de ración 1 contra el tratamiento de inanición (0), no se aprecia una diferencia entre ambas, esto es producto de las adaptaciones fisiológicas que presentan los Cambáridos ya que al desarrollarse en hábitats donde existe una gran variedad de alimentos, y uno de sus grandes éxitos radica precisamente en su capacidad para adaptarse a condiciones extremas. Los acociles pertenecen a un grupo de animales con bajas demandas nutrimentales, ya que en su dieta predominan alimentos de muy baja calidad (Hessen y Skurdal, 1986), pero cuentan con adaptaciones gastrointestinales que les permiten cubrir la mayor parte de estas demandas (Syvokiené y Mickéniené, 1993).

Es por eso que pueden permanecer largas temporadas enterrados y presentar actividad cuando las condiciones del medio se vuelven favorables (Avault, 1996), por lo que cuando se les presentan condiciones adversas, utilizan su reserva protéica de inmediato (Brown, 1995a). El alimento ensilado se escogió de acuerdo a los hábitos alimenticios ya que se les ha clasificado como detritívoros (Avault y Brunson, 1990), herbívoros (Iheu y Bernardo, 1993), de hábitos oportunistas (D'Abramo y Robinson, 1989) y omnívoros (Wiernicki, 1984; Villarreal, 1991; Rodríguez-Serna, 1999). Los

Cambáridos, usualmente se alimentan en el fondo, pues su incapacidad para nadar les impide capturar presas ágiles. En su alimentación se incluyen desde pequeños invertebrados como gusanos, moluscos, insectos y crustáceos, hasta plantas verdes, perífiton, detritus y subproductos agrícolas (Avault *et al.*, 1981; D'Abramo y Robinson, 1989). Además, como otros crustáceos presentan un comportamiento canibalista, el cual está estrechamente relacionado con la época del año, la edad y el aporte de proteína animal en la dieta (Marshall y Orr, 1960; Guan y Wiles, 1998).

Sin embargo, los resultados obtenidos indican que la calidad del alimento no es el adecuado para obtener un rápido crecimiento de *C. montezumae*. Aunque es común el consumo de material vegetal, los acociles prefieren la proteína animal (Guan y Wiles, 1998; Rodríguez-Serna, 1999), sobre todo en estadios tempranos (Gutiérrez-Yurrita, 1997). Las plantas son importantes en la dieta de estos crustáceos, pero no son la fuente principal de macronutrientes. Su importancia radica en el aporte de carotenoides, los cuales mejoran su supervivencia (Brown, 1990) y reproducción (Czeczuga, 1971). Si bien es cierto que el detrito forma gran parte del contenido estomacal de los acociles, y que es importante por el enriquecimiento microbiano que sufre durante su descomposición, son en realidad otros alimentos naturales los que más influyen en el crecimiento (Brown, 1995b).

Los acociles pueden subsistir del detrito, pero una dieta basada en éste nunca podrá promover su máximo potencial de desarrollo (Huner, 1997, Rodríguez-Serna, 1999). En condiciones controladas aceptan cualquier tipo de alimento, y presentan una alta digestibilidad hacia una amplia variedad de materiales, reportándose de un 88% a un 96% para dietas balanceadas (Jones y De Silva, 1997). La clase talla 1 fue la que presentó el mayor consumo alimentario, pero un lento crecimiento, no obstante, debe mencionarse que la relación lípido-proteína presente en la dieta (1:21) permite una fácil asimilación, ya que el organismo puede ahorrar energía al metabolizar la dieta (Brown *et al.*, 1989; Reigh *et al.*, 1990; Aguilar,

1991), aunque la eficiencia digestiva depende de la edad y de la composición de la dieta (Wiernicki, 1984).

La comparación de la actividad en base al gasto metabólico permite suponer que *C. montezumae* es un organismo de fácil adaptación a las condiciones de manejo en laboratorio ya que puede condicionarse a una actividad alimenticia durante la fase diurna aún siendo este un organismo de hábitos nocturnos.

En conclusión, se observó que el metabolismo es modificado por la clase talla y el nivel de ración, pero el factor limitante para *C. montezumae* resultó ser la

temperatura. En la temperatura de 17°C se presentó el mayor consumo, así como la mejor eficiencia de asimilación. En el nivel de ración 5 se observó la mayor ingesta considerando la relación consumo-crecimiento de *C. montezumae*. El alimento ensilado no es el adecuado para obtener un rápido crecimiento de *C. montezumae*. Puede considerarse la posibilidad de la adaptación alimentaria de *C. montezumae* durante periodos diurnos.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR E.R., 1991. Producción y crecimiento en *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crustacea: Astacidae), empleando alimento vegetal. Tesis de Licenciatura UNAM, 251 pp.
- AVAULT, J.W. JR., 1996. Fundamentals of aquaculture. Ava Publishing Company Inc. Baton Rouge, Louisiana, USA, 889 pp.
- AVAULT, J. W. and M. W. BRUSNON, 1990. Crawfish forage and feeding systems. *Reviews in Aquatic Science* 3(1), 1-10.
- AVAULT, J.W.(JR), R.P. ROMAIRE and M.R. MILTNER, 1981. Feeds and forages for red swamp crawfish, *Procambarus clarkii*: 15 years research at the Louisiana State University reviewed. *Freshwater Crayfish* 5, 362-369.
- BRETT J.R. and D.D. GROVES, 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W.S. (Eds), *Fish physiology*, Vol. VIII Academic Press N.Y. pp. 279-351.
- BROWN, P.B., 1990. Review of crayfish nutrition. *Crustacean Nutrition Newsletter* 6(1), 68-69.
- BROWN P.B., 1995a. Physiological adaptations in the gastrointestinal tract of crayfish. *Amer. Zool.*, 35: 20-27.
- BROWN, P.B., 1995b. A review of nutritional research with crayfish. *J. Shell. Res* 14 (2), 561-568.
- BROWN P.B., E.H., ROBINSON, A.E., CLARK and L., LAWRENCE, 1989. Apparent digestible energy coefficients and associative effects in practical diets for red swamp crayfish. *Journal of the World Aquaculture Society* 20(3), 122-126.
- BÜCKLE-RAMIREZ L.F., DIAZ-HERRERA F., CORREA-SANDOVAL F., BARON-SEVILLA B. and HERNANDEZ-RODRIGUEZ M., 1994. Diel thermoregulation of the crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Cambaridae). *J. therm., Biol.* 19(6): 419-422.
- CORNEJO A.R., 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de Licenciatura UNAM, 158 pp.
- CZECZUGA, B., 1971. Studies on the carotenoids in *Artemia salina* L. eggs. *Comp. Biochem. Physiol* 40B, 47-52.
- D'ABRAMO, L.R. and E.H., ROBINSON, 1989. Nutrition of crayfish. *Reviews in Aquatic Sci.* 1 (4), 711-728.
- DUNCAN, A. and R.Z., KLEKOWSKI, 1975. Parameters of energy budgets. In: Grodzinski W. (Eds.), *Methods for ecological bioenergetics*. IBP No. 24 Blackwell Sci. Publ. Oxford. pp. 97-147.
- EDWARDS R R.C., D.M., FINLAYSON and J.H, STEELE, 1972. An experimental study of the oxygen consumption, growth and metabolism of the cod *Gadus morhua* (L.). *J. Exp. Mar. Biol.* 8: 299-309.
- ELLIOTT S.M. and W. DAVISON, 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *Oecologia* 19: 195-201.
- ESPINA S., DIAZ-HERRERA, F. and BÜCKLE-RAMIREZ L.F., 1993. Preferred and avoided temperatures in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). *J. therm., Biol.* 18(1): 35-39.
- GERKING S.D., 1955(a). Influence of rate of feeding on body composition and protein metabolism of bluegill sunfish. *Physiological Zoology* 28 (4): 267-282.
- GERKING S.D., 1955(b). Endogenous nitrogen excretion of bluegill sunfish. *Physiological Zoology* 28 (4): 283-289.
- GUAN, R. and P.R., WILES, 1998. Feeding ecology of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. *Aquaculture* 169, 177-193

- GUTIÉRREZ-YURRITA, P.J., 1990. Estudios sobre el crecimiento en crías de trucha arcoiris (*Salmo gairdneri* (Richardson) (Pisces:Salmonidae) en relación a diversas dietas. Tesis de Licenciatura, UNAM, 90 pp.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J., 1997. Estudios fisiocológicos sobre algunos aspectos del metabolismo energético de *Procambarus bouvieri* y *P. digueti* (CRUSTÁCEA : DECAPODA : CAMBARIDAE). Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, 211 pp.
- GUTIÉRREZ-YURRITA P.J., 1997. El papel ecológico del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), en los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Una perspectiva ecofisiológica y bioenergética. Tesis de Doctorado UAM, España, 347 p.
- HESSEN, D.O. and J., SKURDAL, 1986. Analysis of food utilized by the crayfish *Astacus astacus* in lake Steinsfjorden S.E. Norway. *Freshwater Crayfish* 6, 187-193.
- HOLDICH, D.M. and R.S. LOWERY, 1988. *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm (Eds), London. 498 p.
- HUNER J.V., 1981. Information about the biology and culture of the red crawfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda:Cambaridae) for fisheries managers in Latin America. *An. Inst. del mar y Limnología, U.N.A.M.* 8(1): 43-50.
- HUNER, J.V., 1997. Just how important is detritus as crayfish food?. *Crayfish News* 19(4): 10.
- HUNER J.V. and J.W., AVAULT (Jr.), 1985. Crawfish culture in the United State. in: Huner J.V. y E.E., Brown (Eds.) *Crustacean and mollusk. Aquaculture in the United States*. Avi. Publ. Co. Westport. Connecticut. 1-61 pp.
- IHEU M., and J.M., BERNARDO, 1993. Experimental evaluation of food preferences of red shamp crayfish, *Procambarus clarkii*: vegetable versus animal. *Freshwater Crayfish* 9, 359-364.
- JOB, S.V., 1969(a). The respiratory metabolism of *Tilapia mossambica* (teleostei). I.- The effect of size, temperature and salinity. *Marine Biology*, 2 :121-126.
- JOB, S.V., 1969(b). The respiratory metabolism of *Tilapia mossambica* (teleostei). II.- The effect of size, temperature, salinity and partial pressure of oxygen. *Marine Biology* 3: 222-226.
- JONES, P. L., and S.S. DE SILVA, 1997. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research* 28, 881-891.
- KAY, D.G. and A.E., BRAFIELD, 1973. The energy relations of the polychaete *Neanthes (=nereis) virens* (Sars). *Journal Animal Ecology* 42(3): 673-692.
- KLEKOWSKI, R.Z. and A., DUNCAN, 1975. Physiological approach to ecological energetics. In: Grodzinski W. (Eds.), *Methods for ecological bioenergetics*. Blackwell Sci. Publ. Oxford 15-64 pp.
- LAMPERT, W., 1984. The measurement of respiration. In: Downing J.A. and F.H. Rigler (Eds.) *A manual on methods for the energy of secondary productivity in freshwater*, J.B.D. No 17 Blackwell Sci. Publ. Oxford. pp. 413-468.
- MARSHALL, S.M., and A.P., ORR, 1960. Feeding and nutrition. In: *The physiology of crustacea*, Vol. I.- Metabolism and growth, Waterman T.H. (Eds), Academic Press New York. 227-247 pp.
- PALOHEIMO J.E. and L.M., DICKIE, 1966. Food and growth of fishes. II.- Effects of food and temperature on the relation between metabolism and body weight. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 23(6): 869-908.
- PRUS T., 1975. Calorimetric and body composition. In: Grodzinski W. (Eds.) *Methods for ecological bioenergetics*. Blackwell Sci. Publ. Oxford 149-199 pp.
- REIGH, R.C., S.L., BRADEN and R.J., CRAIG, 1990. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Aquaculture* 84, 321-334.
- RICHLY J. and B.A., MARINA, 1977. The ammonia excretion of trout during a 24-hours period. *Aquaculture* 11: 173-178.
- RODRÍGUEZ-SERNA, M., 1999. *Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 101 p.
- SYVOKIENÉ, J. and L., MICKÉNIENÉ, 1993. The activity of gut bacteria of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in producing essential free amino acids. *Freshwater Crayfish* 9, 235-240.
- VILLAREAL, H., 1990. Effect of temperature on oxygen consumption and heart rate of the Australian crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith). *Comp. Biochem. Physiol.* 95a(1):189-193
- VILLAREAL, H., 1991. A partial energy budget for the Australian crayfish *Cherax tenuimanus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 22, 252-259.
- WENNER, A.M., C., FUSARO and A., OATEN, 1974. Size at onset of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Can. J. Zool.* 52(9): 1095-1106.
- WIERNICKI C., 1984. Assimilation efficiency by *Procambarus clarkii* fed elodea (*Egeria densa*) and its products of decomposition. *Aquaculture* 36: 203-215.
- ZAR J.H., 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. Inc. National, Toronto Can. 800 pp.