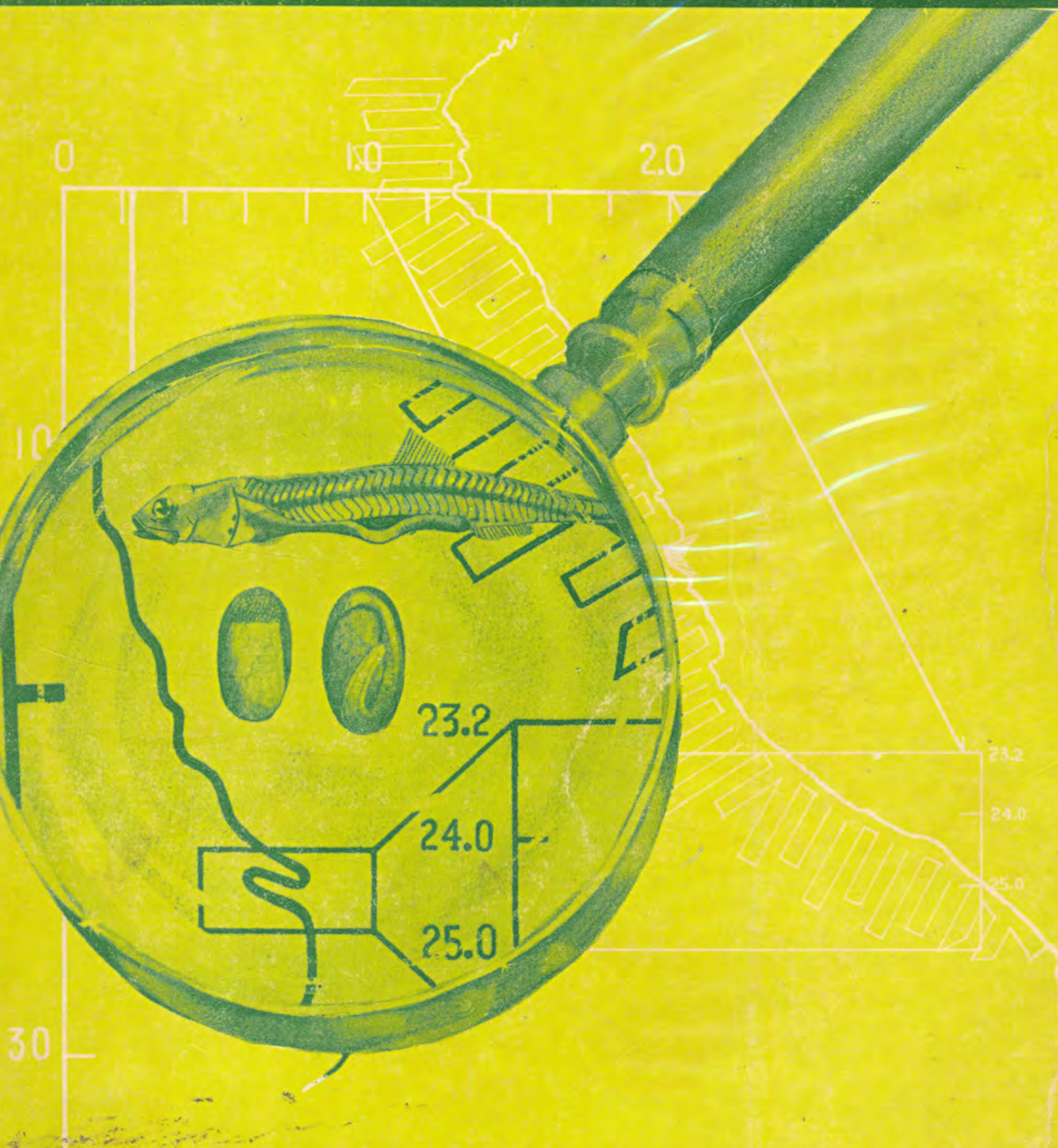




INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

# Boletín

ISSN - Q 378 - 7699  
VOLUMEN EXTRAORDINARIO



INVESTIGACION COOPERATIVA DE LA ANCHOVETA  
Y SU ECOSISTEMA - ICANE - ENTRE PERU Y CANADA  
CALLAO 1981 PERU



# ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA ACCION DINAMICA ESPECIFICA (SDA) Y LA EFICIENCIA DIGESTIVA DE JUVENILES DE SARDINAS *Sardinops sagax sagax* (Jenyns)

Guadalupe Sánchez de Benites  
Instituto del Mar del Perú

## RESUMEN

Una dieta rica en Noctiluca, equivalente al 6.2<sup>o</sup>/o del peso húmedo en un experimento y al 15.5<sup>o</sup>/o en otro, fue suministrada a dos individuos muy parecidos en talla y peso; los cálculos indican un gasto en SDA equivalente al 27.6<sup>o</sup>/o de las calorías ingeridas en el primer caso y al 24.1<sup>o</sup>/o en el segundo. La eficiencia digestiva o de asimilación resultó ser en el primer experimento del 84.7<sup>o</sup>/o de la energía ingerida y de 87.9<sup>o</sup>/o en el segundo. El equipo utilizado no incluyó control del flujo de agua.

## SUMMARY

Specific dynamic action (SDA) values equivalent to 27.6 and 24.1<sup>o</sup>/o of the calories ingested were calculated from experiments in which 6.2 and 1.5<sup>o</sup>/o of the wet weight was given in a diet rich in Noctiluca to two similar individuals in length and weight. The assimilation efficiency came out to be of the order of 84.7 and 87.9<sup>o</sup>/o of the ingested energy, for the 6.2 and 15.5<sup>o</sup>/o feed respectively. The experimental set up did not include any flow control system.

## INTRODUCCION

El alimento ingerido por los peces sufre notables transformaciones dentro del organismo. Una parte de la energía ingerida no es asimilada: excretada en forma sólida (heces) o líquida (productos nitrogenados). La otra porción, que es la digerida o metabolizable, queda disponible para la producción de tejidos musculares, para la reproducción y demás funciones del organismo; entre éstas, los gastos energéticos para la SDA (specific dynamic action), ésto es, para los trabajos mecánicos y químicos de la digestión, según lo esquematizado en la Fig. 1.

Los valores de SDA experimentalmente obtenidos pueden ser de gran utilidad para establecer el balance neto de energía dedicados a la actividad, al crecimiento y a la reproducción. El presente trabajo preliminar tiene como objetivo determinar los gastos energéticos de la digestión en sardinas juveniles. Cabe mencionar que la sardina tiene gran importancia ahora que aparentemente está ocupando el lugar dejado por la anchoveta.

## MATERIAL Y METODOS

Juveniles de sardina fueron capturadas en el área de Chimbote en noviembre de 1977, con un boliche anchovetero y transportados al acuario

del laboratorio instalado en la Bahía de Samanco. Los peces fueron colocados en un tanque de fibra de vidrio de 1000 litros de capacidad con suministro continuo de agua de mar filtrada mediante un sistema de circulación abierta, la temperatura del agua en el tanque varió de 17.9 a 20.3<sup>o</sup>C con un promedio de 19.5<sup>o</sup>C.

Dos especímenes de sardina fueron pesados y medidos, para lo cual fueron anestesiados con MS222, los ejemplares midieron 7.5 y 8.6 cm con 4.03 y 3.60 g respectivamente. Se suministró diariamente plancton vivo colectado en la Bahía de Samanco con red estándar (malla de 200 micras), pero antes del inicio de cada experimento estos animales permanecieron en ayunas por 24 horas.

El equipo utilizado fue una cámara respirométrica de 5 litros de capacidad (Fig. 2A); construída de acrílico, de forma cilíndrica con 24 cm de altura y 17 cm de diámetro, con un colector de heces en la base, tubos para ingreso y salida de agua de mar en la parte superior; con una abertura de 35 cm de diámetro provista de un tapón de jebe para la introducción del alimento y el pez. Todas las burbujas de aire eran removidas al inicio de cada experimento. El circuito cerrado de circulación de la cámara fue continuo; interruptores del flujo, tanto al ingreso como a la salida, eran manipulados periódicamente para la lectura del oxímetro. El agua de mar que ingresaba a la cámara estuvo saturado de aire y

provenía de un reservorio situado a un nivel superior.

El agua de salida caía a un tanque-acuario de dónde, y mediante una pequeña bomba "Little Giant", nuevamente era llevado al reservorio, en éste también entraba agua de mar filtrado de renovación de tal forma que la concentración de oxígeno del agua del reservorio estuvo por encima de los 6.0 mg de O<sub>2</sub>/litro.

Cabe señalar que el flujo de agua no fue controlado durante el experimento por no disponer del equipo indispensable y por lo tanto los cálculos del consumo no pudieron ser corregidos por diferencias en el flujo.

Se obtiene el SDA mediante la medición del incremento del consumo de oxígeno después de haberse proporcionado una ración alimentaria conocida; el aumento de este consumo es violento (Fig. 3), disminuyendo con el tiempo en relación al tamaño de la ración alimentaria (Beamish 1974). El oxígeno de la cámara fue controlado con un oxímetro 451-modelo 54A con un sensor de conexión alternativa, a la salida y a la entrada (Fig. 2B); la calibración del oxímetro por comparación con determinaciones por el método modificado de

FIG. 1 Bioenergética del alimento utilizable en el metabolismo de los peces siguiendo a Warren y Davis, 1967; Niimi, 1972; ampliado por Trumble, 1972.

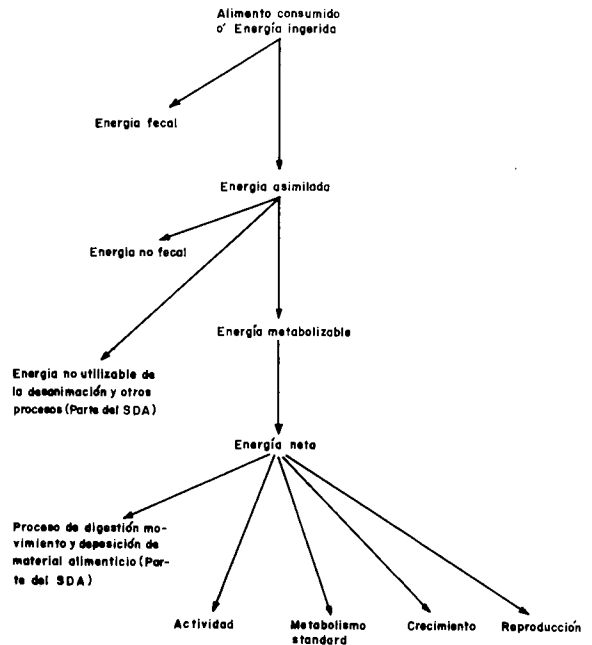
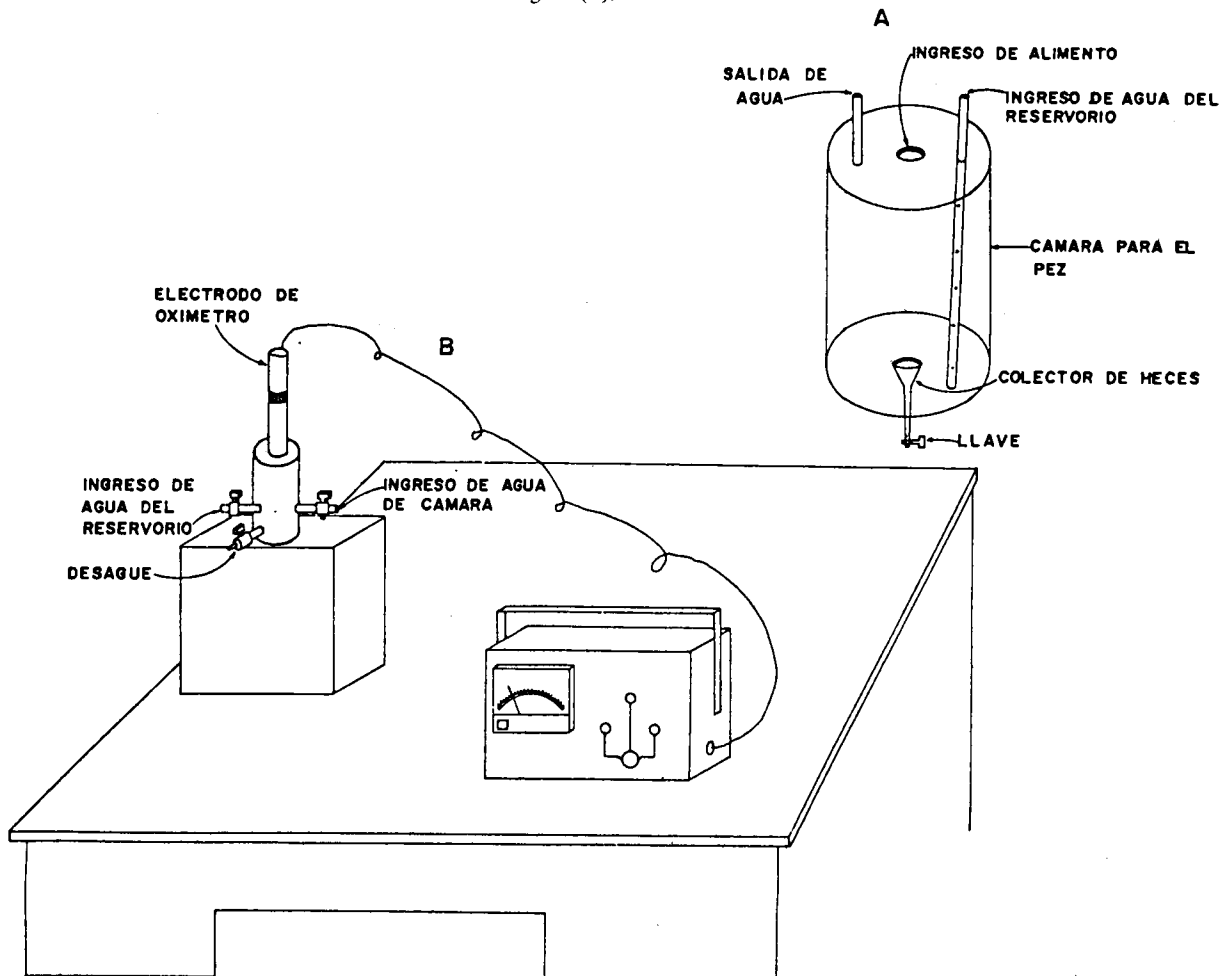


FIG. 2 Respirómetro (A) y sistema de control de oxígeno (B).

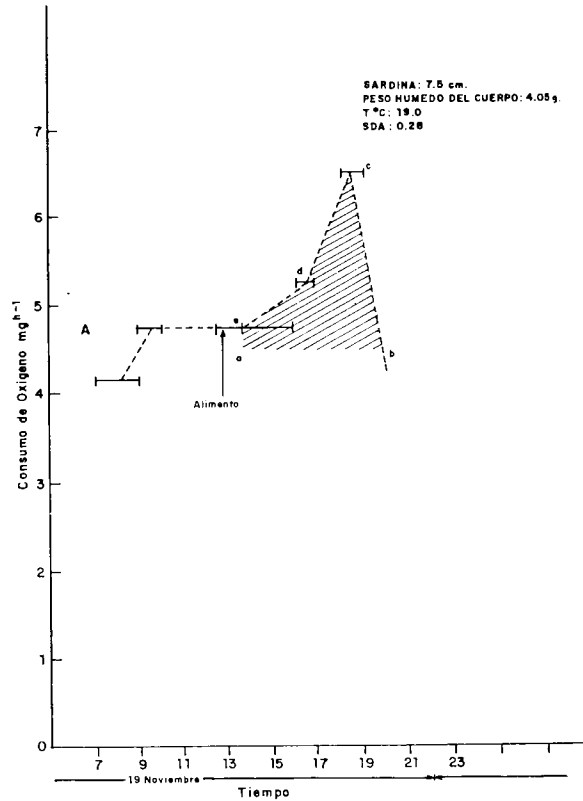


Winkler, se realizaba diariamente según la técnica descrita por Beamish y Roff (1972).

La eficiencia digestiva o de asimilación se calculó por la proporción:

$$\frac{\text{Energía asimilada}}{\text{Energía ingerida}} \times 100 = \text{Eficiencia de asimilación}$$

FIG. 3 Experimento N° 1: consumo de oxígeno para cálculo del SDA.



Los valores energéticos fueron obtenidos mediante análisis calorimétrico, para lo cual se utilizó una microbomba calorimétrica Philipson.

Cabe señalar que tanto el sistema de agua así como la cámara respirométrica fue diseñado por el Dr. F.W.H. Beamish en Samanco 1977 a pesar de las dificultades de no contar con el material más aparente; por lo cual quiero dejar constancia de mi agradecimiento así como también por sus enseñanzas, sugerencias y consejos. Mis agradecimientos también a la Sra. E. Thomas. Ambos vinieron de la Universidad de Guelph al IMARPE dentro del Proyecto ICANE.

**RESULTADOS**

**Costo energético del SDA**

Se ha determinado en forma preliminar el SDA, o sea el gasto energético de la desaminación de proteínas, incluyendo a los lípidos y carbohidratos en

la sardina juvenil; Mathisen et al. (1978) señala que para una composición de dieta constante el SDA es directamente proporcional al peso de la ración pero la proporción varía con el tipo de alimento.

El alimento suministrado fue el plancton vivo ya mencionado; Noctiluca 70%, copépodos 10% y tunicados 20%, cuyo valor energético fue bastante alto (Tabla 1).

Tabla 1. Valor energético del plancton en la Bahía de Samanco, noviembre 1977.

ALIMENTO			
PESO		HUMEDAD	CALORIAS
Húmedo mg	Seco mg	%	g
250	15.0	94.0	-
567	34.02	94.0	4543

Los experimentos realizados tuvieron como resultados:

Sardina juvenil	Alimento ingerido	SDA <sup>+</sup>
Exp. 1 7.5 cm-4.0 g	6.2% del peso h.c. 15.0 mg peso seco 68.15 cal	5.5 mg de O <sub>2</sub> 18.81 cal 27.6% cal ing.
Exp. 2 8.6 cm-3.7 g	15.5% peso h.c. 34.0 mg peso seco 154.55 cal	10.9 mg de O <sub>2</sub> 37.28 cal 24.1% cal ing.

+ Estos valores porcentuales resultan, tomando como ejemplo el experimento N° 1 (Fig. 3), del área integrada entre a, b, c, e, que da los mg de oxígeno consumido en la digestión a un nivel A de consumo sin alimento.

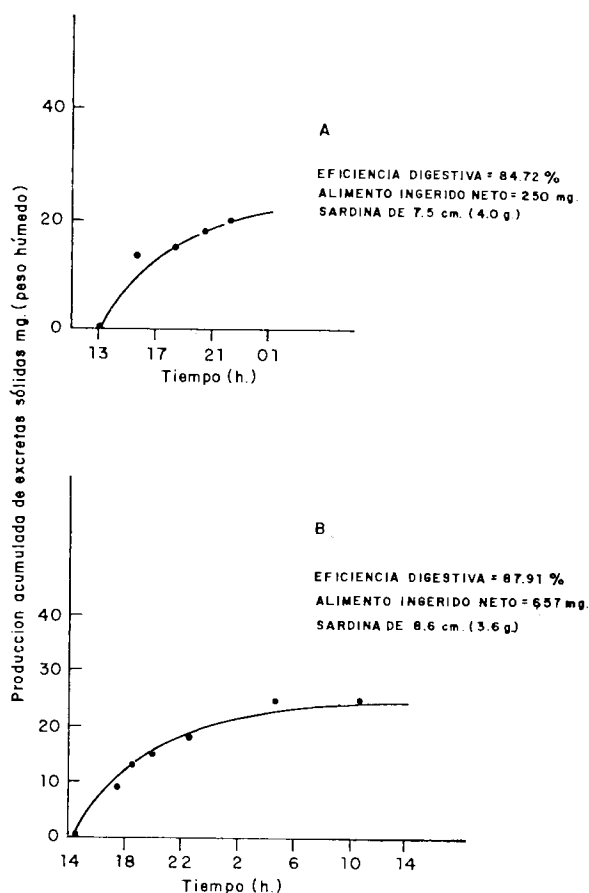
**Eficiencia digestiva o asimilación**

Se midió en forma individual la eficiencia de asimilación para la sardina juvenil en ambos experimentos, para lo cual se conoce la cantidad de alimento ingerido con un correspondiente valor energético así como la producción acumulada de excretas sólidas, traducidas en energía, evacuadas después de la digestión.

En el primer experimento (Fig. 4A) se comenzó a tomar la primera muestra de heces a las 3 horas de dado el alimento y así sucesivamente obteniéndose una producción acumulada de excretas sólidas de 3.79 mg de peso seco (= 10.41 cal) en las 9 horas siguientes a la ingestión del alimento. En este experimento se hizo un estimado de la eficiencia digestiva alcanzando el 84.72% de la energía ingerida.

En el segundo experimento (Fig. 4B), las excretas sólidas fueron colectadas a partir de las 3.50 horas de haber dado el alimento al pez, habiéndose obtenido 6.80 mg de peso seco durante aproximadamente 24 horas. El valor calculado en este caso fue de 87.91%, valor que se ha tomado para

FIG. 4 Eficiencia digestiva de la sardina juvenil en porcentaje del peso seco (ver texto). Sardina de 7.5 cm (A) y de 8.6 cm (B).



obtener la energía neta en esta especie porque en este experimento fue posible obtener el valor calórico de las heces directamente.

## DISCUSION

El equivalente oxalórico utilizado en el presente estudio fue de 3.42 cal/mg de oxígeno, sugerido por Bret (1973) citado en Beamish (1974) en su trabajo sobre el salmón *Oncorhynchus nerka*. Muir y Niimi (1972) determinaron el SDA para dos especímenes de *Kuhlia sandivensis*: 16% de las raciones alimentarias equivalentes al 2.3% y 4.5% del peso húmedo del cuerpo. Beamish (1974) obtuvo un SDA para *Micropterus salmoides* del  $14.19 \pm 4.19\%$  de promedio total de energía ingerida. Por otro lado se ha señalado que el SDA de una catabolización de alimento puramente proteico puede alcanzar el 30% del valor calórico según Kleiber (1961). Mathisen et al. (1978) señala sin embargo, que un valor más razonable sería el 20% de la ración ya que la dieta suministrada no es enteramente proteica.

De lo expuesto y según la tabla que a continuación se da:

Autor	Especie	% ración alimentaria	SDA %
Kleiber (1975)	-	teórico	30.0
Mathisen et al (1978)	-	teórico	20.0
Beamish (1974)	<i>Micropterus salmoides</i>	4.0	14.2
Muir y Niimi (1972)	<i>Kuhlia sandivensis</i> (aholehole)	2.3 a 4.5	16.0
Pierce y Wissing (1974)	<i>Lepomis macrochirus</i> (bluegill sun fish)	hasta la saciedad	4.8-24.4
Lasker (1970)	<i>Sardinops caerulea</i> (sardina del pacifico)	6.6*	20.0

\* Calculado con 105 artemias diarias y 4.0 g de p.h.c. de la sardina juvenil.

podemos señalar que SDA obtenido por la sardina juvenil de 28 y 24% se encuentra dentro de lo esperado considerando que la ración suministrada fue bastante alta en comparación a lo expuesto líneas arriba, o sea, un 6.2% y 15.5% del peso húmedo del cuerpo.

El cuanto a la eficiencia digestiva o de asimilación, estuvo también dentro de lo esperado con un 84.7% y 87.9%. Los pellets fecales recuperados pesaron 20.0 mg y 28.55 mg y fueron colectados a las 9 horas en el primer experimento y a las 24 en el segundo. Lasker (1970) en su trabajo con la sardina del pacífico obtuvo experimentalmente con 2 ejemplares de 85 mm de longitud estándar y a 18°C una eficiencia digestiva de 83% del peso seco, bastante similar a lo alcanzado por los resultados del presente trabajo, así mismo señala que la sardina del pacífico limpia su intestino en 12 horas después de la ingestión del alimento. Como se puede apreciar por los datos experimentales obtenidos, la pérdida de excretas sólidas en las primeras 9 horas constituyeron algo más del 70% del total a las 24 horas. Cabe señalar que en futuros trabajos experimentales se podrá ajustar con mayor precisión el tiempo requerido gastado en el SDA en relación a la ración dada y el tiempo de retorno a niveles de pre-alimentación.

Obtenidos los valores del SDA y de la eficiencia digestiva se ha procedido a calcular la energía neta para estos experimentos. Kleiber (1975) señala que la energía neta no es sino la energía remanente o energía metabolizable de un producto animal (producción de tejidos, huevos, etc.).

En la Fig. 1 se ubica el SDA que expresa el gasto producido por los procesos mecánicos y bioquímicos para la desaminación oxidativa de las proteínas; estos gastos tienen que ser descontados para el cálculo de la energía neta, en esta diferencia está incluida también el gasto energético por

desechos no fecales (orina) que llega a un 80/o a 40/o de la energía protéica digerida según Ware (1975) y que en esta oportunidad no se ha obtenido experimentalmente ni considerado en el cálculo.

Como primer paso para los cálculos de la energía neta se procedió a obtener la eficiencia neta de conversión del alimento ( $\gamma$ ) según Ware (1975), ésto depende de la composición química de la dieta que afecta la eficiencia de asimilación (p) y el factor de SDA más pérdidas de excreción, predominantemente amonio (s), así tenemos:

$$\gamma = p - a$$

$$p = \frac{\text{energía de asimilación}}{\text{energía ingerida}}$$

$$s = \text{SDA} + \text{energía perdida en excreción de nitrógeno.}$$

Siguiendo estos pasos se ha calculado  $\gamma = 0.64$  como la diferencia del valor experimental de la eficiencia de asimilación (p) = 0.88 valor obtenido en el segundo experimento y s = 0.24 también obtenido en el mismo experimento.

Una vez calculado  $\gamma$  se ha confeccionado la Tabla 2 en la cual apreciamos que nuestros valores

Tabla 2. Cálculo de la energía neta

N° DE EXPERIMENTO	Alimento X Peso h.c.	$\Delta I$ ingerido g	Cal.	0.64 $\Delta I$ Energía neta (cal)
1	6.2	0.250	1136.8	727
2	15.5	0.567	2575.9	1649

de calorías netas son bastante aceptables comparadas con lo encontrado por Lasker (1970) para la sardina del Pacífico en su primer año de vida: un requerimiento energético de 394.25 cal/d. En la Tabla 2 vemos que experimentalmente en este trabajo se han obtenido valores bastante altos posiblemente debidos a una ración alimentaria correspondiente a un nivel de saciedad.

Sin embargo, cabe resaltar que los experimentos no contaron con el equipo más aparente para este tipo de estudio al no tener, entre otras cosas, un control del flujo de agua como ya se indicó anteriormente; por lo tanto, estos resultados deben ser tomados solo como preliminares, esperándose contar en un futuro muy cercano con el equipo que nos permita una experimentación más precisa.

#### REFERENCIAS

- BEAMISH, F. and J. ROFF. 1972. Limnology and Oceanography, Labora-Manual (mimeo). University of Guelph. CANADA.
- . 1975. Aparent specific dynamic action of large-mouth bass *Micropterus salmoides* J. Fish. Res. Bd. Can. Vol. 31 (11) p. 1763-1769.
- KLEIBER, M. 1975. The fire of the life an introduction to animal energetics; edited by R.E. Krieger Publishing Co. Huntington. N.Y. 453 p.
- LASKER, R. 1970. Utilization of zooplankton energy by a Pacific sardine population in the California current. in Marine food chains; edited by J.H. Steele, University of California Press. p. 265-284.
- MATHISEN, O. et al. 1978. Food consumption of pelagic fish in an upwelling area, Upwelling Ecosystems; edited by R. Boje and M. Tomczak. Springer Verlag, Berlin. p. 111-123.
- MUIR, B. and A. NIIMI. 1972. Oxygen consumption of the euryhaline fish aholehole (*Kuhlia sandivicensis*) with reference to salinity, swimming and food consumption. J. Fish. Res. Bd. Can. Vol. 20: 67-77.
- NIIMI, A. 1972. Bioenergetics and growth of large mouth-bass (*Micropterus salmoides*) with feeding in relation to body weight and temperature. University of Guelph. 102 p. (Thesis Ph. D.). Canada.
- TRUMBLE, R. 1979. The Bioenergetic Equation (Thesis Ph. D. Dissertation).
- WINBERG, G. 1956. Intensivnost obmena i pischvye potrebnosti ryb. Nauchnye Trudy Belorusskovo Gosudarstvennovo Universiteta imeni V.I. Lenina, Minsk, 253 pp. (Translation Series N° 194, Fish. Res. Brd. Canada (1960)).