

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

SERIE

oceanológica

No. 3

Respiración y algunas particularidades
de la alimentación del ostión
Crassostera Rhizophorae Guilding

LA HABANA, 1969

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA
INSTITUTO DE OCEANOLOGIA

SERIE OCEANOLOGICA

No. 3

RESPIRACIÓN Y ALGUNAS PARTICULARIDADES DE LA ALIMENTACIÓN
DEL OSTIÓN *CRASSOSTREA RHIZOPHORAE GUILDING*

Por:

N. N. JMELJOVA

Del Instituto de Biología de los Mares
del Sur, de la Academia de Ciencias de
Ucrania, URSS, colaboradores del Insti-
tuto de Oceanología de la Academia de
Ciencias de Cuba.

J. SANZ

Del Instituto de Oceanología de la
Academia de Ciencias de Cuba

La Habana, Julio de 1969

“Año del Esfuerzo Decisivo”

SINOPSIS

The oysters natural distribution on mangroves at the Ortigosa Bay was investigated. Equations ($y=0.1735x - 0.0008$ and $x = 0.13552z - 0.0010$) for the dependence between the oyster body dry weight (y), the wet weight and the total weight with the valves (z) were calculated. Other equations were obtained. The consumption and assimilation value of the algae *Ankistrodesmus braunii* and *Skeletonema costatum* by oysters was determined, when the alga concentration varies in the medium. The assimilation of *A. braunii* was 8-70% and that of *S. costatum* was 6-35% depending on the animal age. The oysters industrial out-put on calculation (about 35. kg/ m²) and the quantity of matter and energy necessary for providing their physiological processes are calculated. The daily energy balance and hydrological characteristics of the investigated region are given.

El ostión *Crassostrea rhizophorae* esta distribuido a todo lo largo del litoral de la Isla de Cuba y es un importante producto industrial. Debido a que en los últimos años, las reservas naturales de ostiones han ido disminuyendo, se ha planificado su cultivo masivo en condiciones especiales. Ahora bien, para su estudio correcto, es necesario conocer las particularidades principales de sus condiciones de vida, biología y fisiología.

En los escasos trabajos publicados hasta el presente, se aclaran, en líneas generales, algunas cuestiones aisladas sobre esta especie.

El estudio de la fisiología de *C. rhizophorae* no se había realizado con anterioridad, por lo que se incluyó en el Plan Nacional de Investigaciones Oceanográficas y de la Industria Pesquera de Cuba. El presente artículo es el resultado de la primera etapa de las investigaciones realizadas en este sentido.

Los ostiones, en condiciones naturales, viven fijados principalmente a las ramas y raíces de los mangles (Figs. 1 y 2). Las bahías y zonas costeras de los mares con afluencia de agua dulce son los lugares más característicamente habitados por ellos. Nuestras investigaciones fueron realizadas con los ostiones de la Bahía de la Ortigosa, Norte de Pinar del Río.

Se determinó la intensidad del metabolismo de los ostiones con respecto a la utilización de oxígeno y se aclararon algunas particularidades cuantitativas con respecto a su alimentación con algas. Estos datos son imprescindibles para la determina-

ción de la serie de importantes parámetros del balance de la materia y energía que tienen estos animales. Además, al mismo tiempo fueron realizadas investigaciones hidrobiológicas en su habitat. En total se realizaron 56 estaciones hidrobiológicas, de las cuales 15 fueron en superficie. El trabajo fue llevado a cabo durante el periodo comprendido entre septiembre de 1964 y enero de 1965.

Para la determinación del número, biomasa y correlación de los grupos adultos, se hicieron mediciones lineales en más de 3500 ejemplares, los que se pesaron, determinándose la caloricidad; se realizaron más de 150 experimentos sobre la intensidad de la respiración y sobre la alimentación de los ostiones.

Breve Descripción del Habitat de los Ostiones en la Bahía de la Ortigosa

La distribución de las estaciones hidrobiológicas en la Bahía de la Ortigosa se muestra en la Figura 3. En cada estación se determinaron la profundidad, el color del agua, la transparencia, la luminiscencia superficial en luxes, temperatura, pH, contenido de oxígeno disuelto en el agua, salinidad, producción primaria y se recolectó plancton.

En las profundidades desde 0.6 hasta 1m, las mediciones se realizaron en dos niveles (superficie y próximo al fondo), mientras que en las de más de 1m, se realizaron en tres niveles. Para la recolección de las muestras de agua, se utilizó la botella Van Dorn. La luminiscencia fue



Figura 1
Crassostrea rhizophorae

Figura 2
C. rhizophorae sobre las ramas de
los mangles durante el refluo.



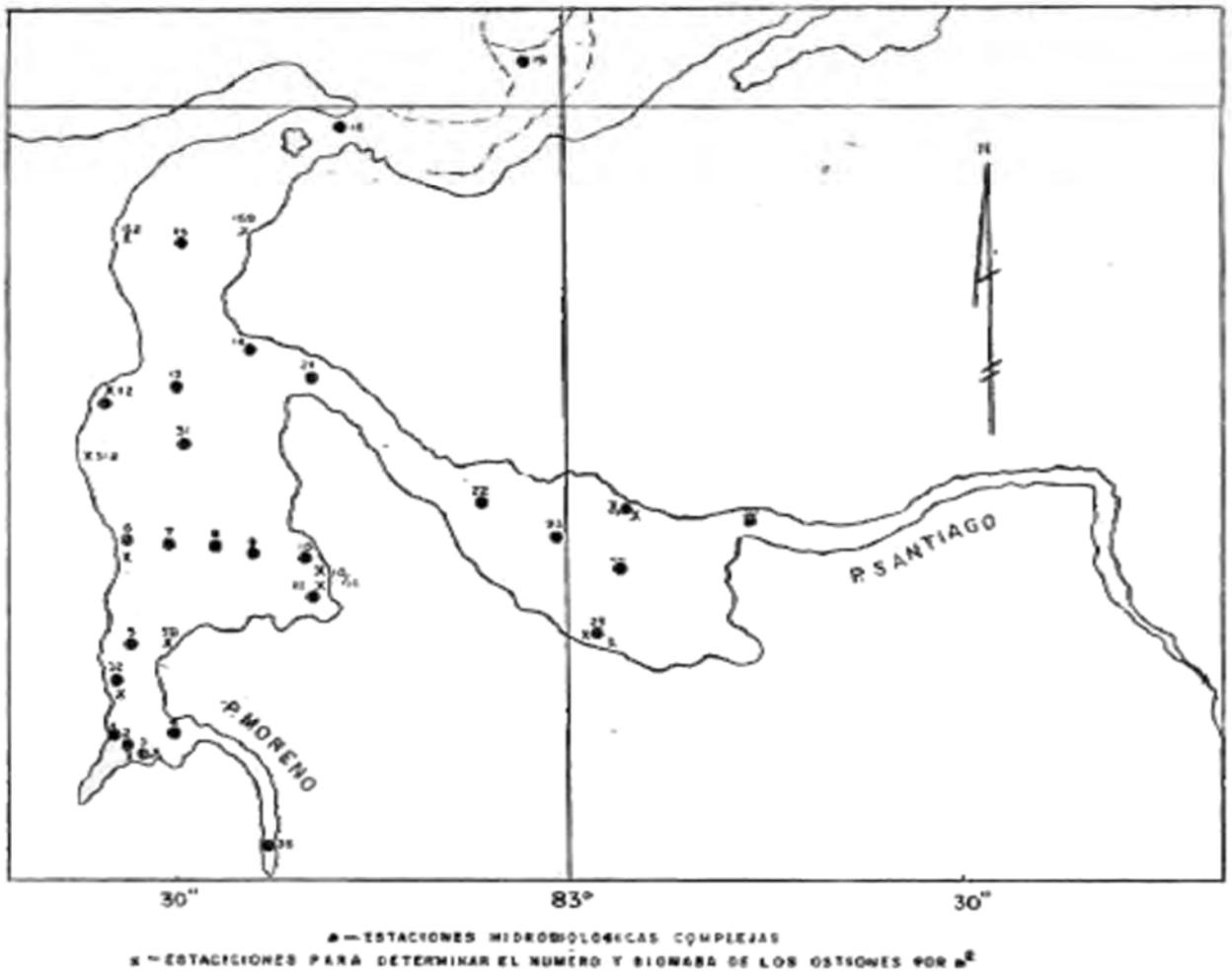


Figura 3
Estación de la Bahía de Ortigosa

medida, utilizando un luxómetro tipo Y-16 con un fotómetro F-102.

La profundidad máxima en la Bahía de la Ortigosa es de 3m y las profundidades predominantes son inferiores a 1m. La amplitud de oscilación del nivel del mar en relación con la influencia de las mareas tiene un máximo de 60-64 cm.

Los ostiones se fijan a los mangles en la zona del litoral y permanen periódicamente durante el día fuera del agua (3-4 horas durante cuatro veces al día o de 10-12 horas ininterrumpidamen-

te). La amplitud del nivel poblado por los ostiones en la Bahía de la Ortigosa es de 30-40 cm. El nivel de mayor cantidad de ostiones es el de 14-17 cm y se encuentra aproximadamente en La parte media de la zona intermareal. Estos datos fueron obtenidos durante el nivel más alto de la marea, es decir, cuando los ostiones estaban sumergidos en el agua.

El color del agua, de acuerdo con la escala de Forel, variaba, dependiendo de la cercanía de algunas partes de la bahía al mar (XV, Est. 18),

o en los lugares de desembocadura de un arroyo o río (hasta XVII-XIX, Estaciones 25-30 y hasta XXI, Estaciones 1-4). En las partes cercanas al mar, era de V-VI.

Durante gran parte del tiempo, en condiciones meteorológicas perfectas, la transparencia del agua en la bahía (de acuerdo con el disco de Sechi) era bastante alta y en las partes poco profundas llegaba hasta el fondo. En el período de las lluvias y de fuertes vientos, al presentarse un abundante traslado de material alóctono y una mezcla de estratos fangosos, la transparencia puede descender hasta cero.

En la bahía, desembocan un río y un arroyo, los que contribuyen a disminuir notablemente la salinidad del agua. La variación de la salinidad se encuentra entre los límites de 20-26‰.

Durante el período de lluvias, a una profundidad inferior de 1m, la salinidad puede disminuir de 2-10‰. En los lugares mucho más profundos, se observa una brusca estratificación vertical, de la salinidad.

La disminución de la salinidad hasta un 10‰ no presenta una acción muy desfavorable sobre los ostiones durante muchos días. El hecho de encontrarse los ostiones durante algunos días en una salinidad de 4-6‰, los conduce a una desaparición masiva (hasta un 50%). También es muy dañina la gran turbidez del agua durante las lluvias, muy especialmente para las larvas y los juveniles.

Durante todo el período de observación, la temperatura del agua osciló entre 23.7 y 32°C. En los mangles (a la sombra), la oscilación era menor, 24-26°.

El contenido de oxígeno disuelto en el agua fue de 2.7 en el estrato cercano al fondo, hasta 8 ml O₂/l, en el estrato superficial. En la mayoría de los casos, el contenido de oxígeno se encontraba entre los límites de 4-4.5 ml O₂/l. Hay que resaltar que la concentración de O₂ disminuye hasta 0.6 ml O₂/l debido a su utilización por los ostiones en el agua que está próxima a los mangles.

La luminiscencia en la superficie del agua, en la parte abierta de la bahía, era de 28000 luxes, mientras que en los lugares habitados por los ostiones, bajo los mangles, era de 2800 a 5000 luxes. De esta forma, los ostiones se encontraban constantemente en una luz difusa, lo que es necesario tener en cuenta al elaborar colectores para su cultivo artificial.

Las algas planctónicas juegan un importante papel en la alimentación de los ostiones. Durante las observaciones del fitoplancton, prevalecieron las diatomeas, las algas azulverdosas, peridíneas y flageladas, típicas de las aguas cubanas.

Al disminuir la salinidad en la bahía, se observaron brotes de corta duración en el desarrollo de las euglenoideas y raras veces en los protococales.

Las magnitudes de la producción primaria del plancton, obtenidas por el método del radiocarbono, fueron superiores a las medidas para las aguas tropicales en general, de 50-150 mg/cm² al día (Fig. 4)

CARACTERÍSTICAS DE TAMAÑO, PESO Y CALORICIDAD DE LOS OSTIONES

En 15 estaciones (Figs. 3 y 5, Tabla 1) se determinaron la salinidad, biomasa y correlación de los grupos de ostiones de diferentes medidas en una unidad de superficie. La biomasa máxima fue de 2.1 km/m² (371 ejemplares), y la mínima de 0.3 km/m² (44 ejemplares), registradas en los lugares donde la variación de la salinidad era muy grande, principalmente en los expuestos a las influencias de las aguas.

En la población de ostiones, prevalecen los grupos con medidas de 2-3 y 3-4 cm. Alcanzan la pubertad cuando miden de 3-3.5 cm. Las medidas máximas de los ostiones en la Bahía de la Ortigosa eran de 7-8 cm, el peso del húmedo máximo del cuerpo sin valvas era de 3.6 g. En Cuba, los ostiones alcanzan estas medidas y peso después de 7-8 meses (Sánchez Roig y Gómez de la Maza, 1954).

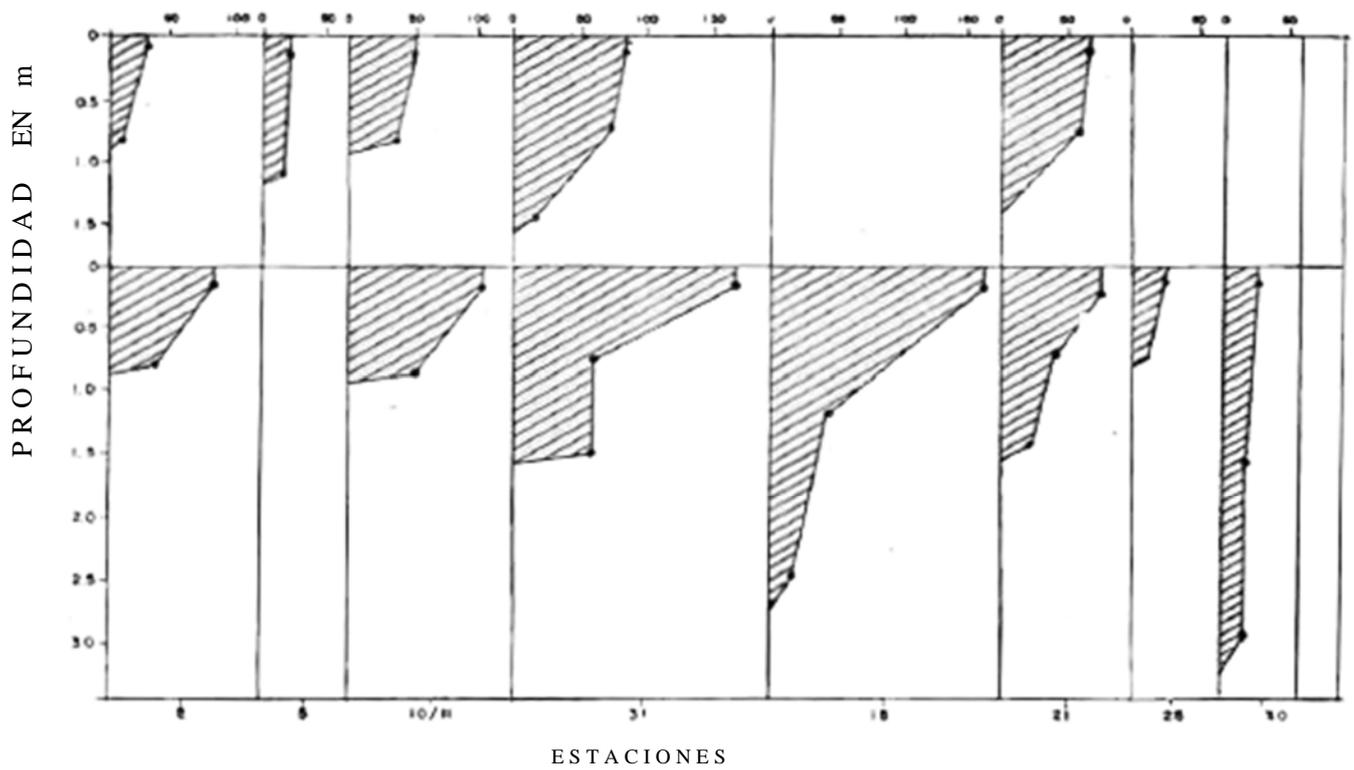


Figura 4
Producción primaria en la Bahía de la Ortiga

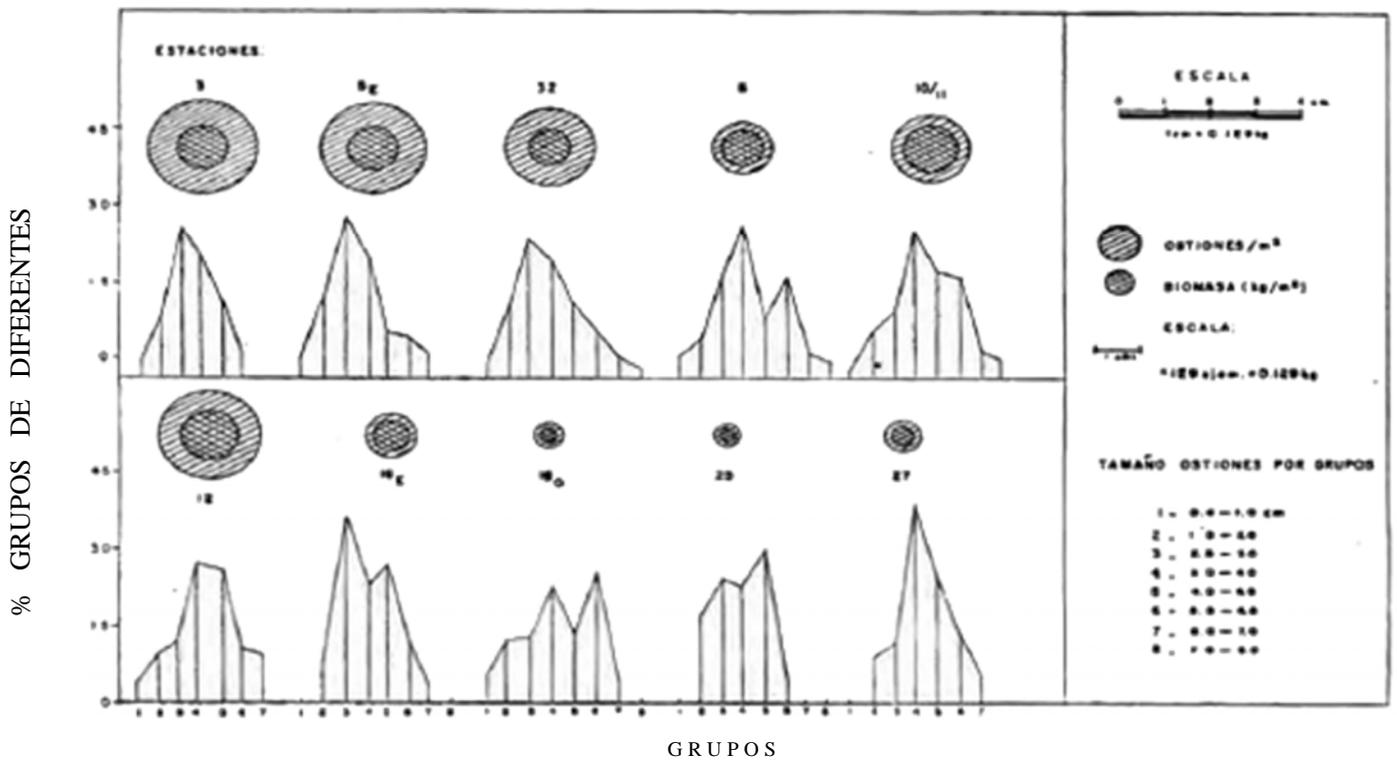


FIGURA 5
Cantidad, biomasa y correlación de los grupos de ostones en 1 m²

TABLA 1

Biomasa y Cantidad de Ostiones por m² en la Bahía de Ortigosa (en las ramas de los mangles)

FECHA	Estación no.	Número Ejemplares	<u>Peso Total (kg)</u>
6/XI	3	310	1.10
5/XI	31	283	1.63
6/XI	10/11	271	2.10
10/XI	25	44	0.28
10/XI	27	61	0.60

Nosotros determinamos la correlación que existe entre el peso seco y húmedo del cuerpo de los ostiones (Fig. 6). Los datos obtenidos fueron elaborados estadísticamente y deducida la ecuación de regresión, que refleja la dependencia entre el peso seco y el húmedo.

$$y = 0.1736x - 0.0008 \quad (1)$$

Donde: y = peso seco

y = peso húmedo de los ostiones

En la Figura 6 se encuentran los datos experimentales y la línea teórica de regresión. La relación media del peso seco y húmedo resultó igual a 6. De manera análoga (Fig. 7), se obtuvo la ecuación sobre la correlación del peso total (con valvas) y el peso húmedo del cuerpo de los ostiones:

$$y = 0.1355z - 0.0010 \quad (2)$$

Donde: y = peso húmedo del cuerpo de los ostiones

y = peso total de los ostiones

Por término medio, el peso húmedo del cuerpo de los ostiones es 1/8 de su peso total.

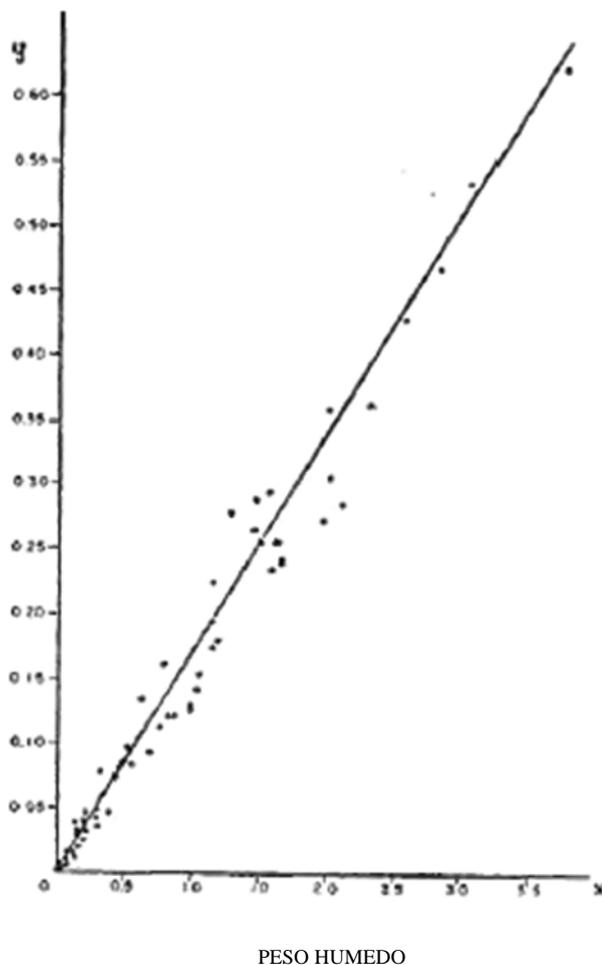
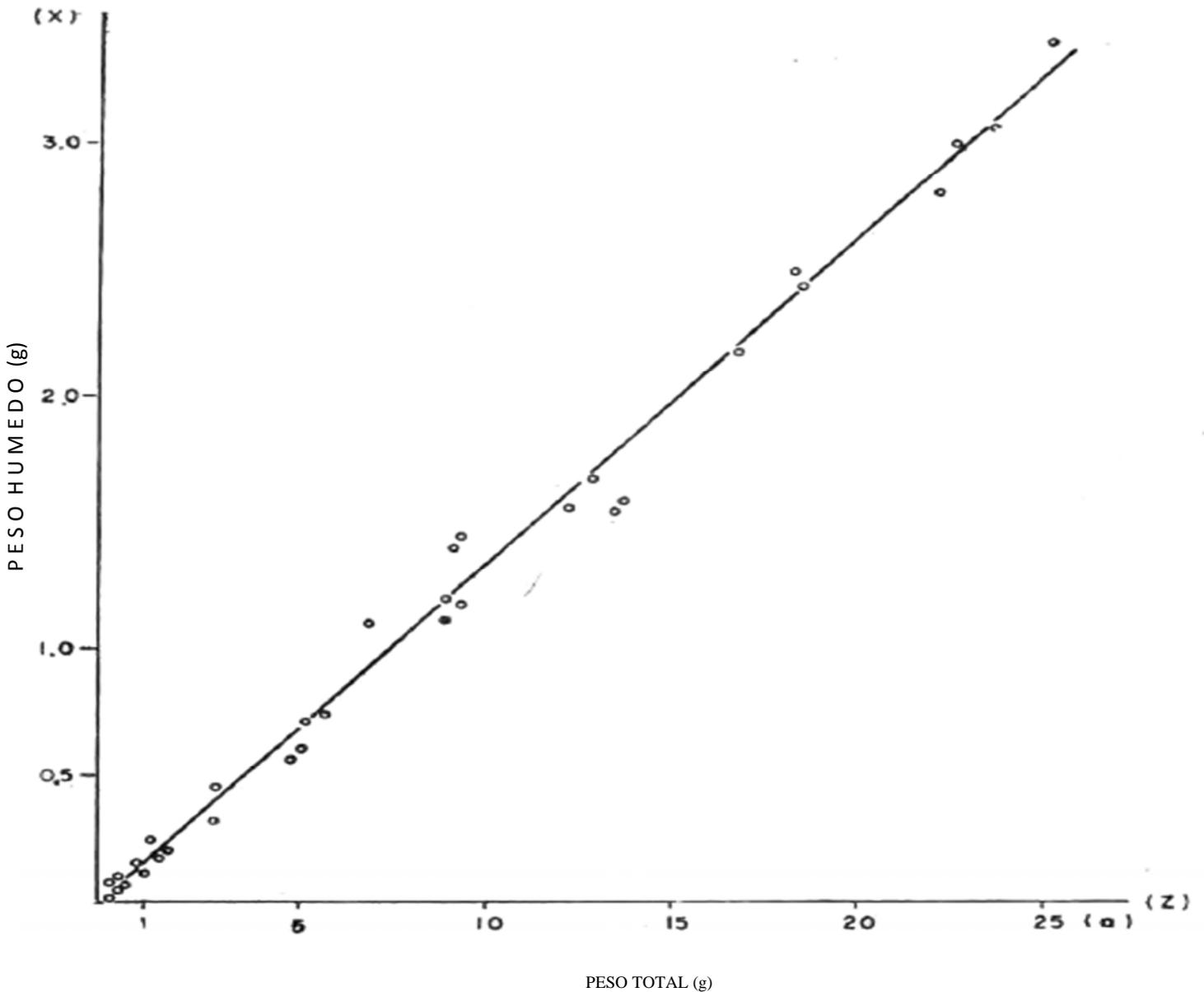


FIGURA 6
Correlación entre los pesos húmedo (x) y seco (y) del cuerpo de los ostiones (g)

Sobre la base de los cálculos preliminares se puede señalar que estando las valvas cerradas, el agua que se queda entre ellas constituye un 80% del peso húmedo del cuerpo o un 20% del peso total de los moluscos. El peso de las valvas de los ostiones, es de 5-6 veces mayor que el peso húmedo de los mismos, constituyendo un 60% del peso total de los moluscos.

La Tabla 2 muestra los resultados de la determinación de la caloricidad de los ostiones, obtenidos por el método de calorimetría directa con la ayuda del equipo calorimétrico YK-2 (Drozdov, 1962). En la tabla, aparecen también las magnitudes de la caloricidad, calculadas por medio de la composición química sobre la base de los datos de la literatura. En el último caso, se utilizaron los si-



PESO TOTAL (g)
Figura 7
Correlación entre los pesos total (z) y húmedo (x) del cuerpo de los ostiones (g)

güentes coeficientes calorimétricos: para las albúminas, 5.65; grasas, 9.45; hidratos de carbono, 4.10 kcal/g de sustancia seca (Ostapenia y Ser- gueiev, 1963).

La caloridad de los grupos de ostiones de diferentes medidas oscilaba desde 4.35 hasta 3.34

kcal/g de sustancia seca. El contenido de cenizas fue de 3-10% del peso seco de las partes blandas de los moluscos. Como se ve en la Tabla, la caloridad de los grupos de diferentes medidas (2.9-6 cm, peso seco desde 0.07-0.27 g), al ser llevada a sustancia seca sin cenizas, expensada

por magnitudes bastante cercanas. Llama la atención, la caloricidad disminuida de los ostiones de 3.8 cm (peso seco 0.1 g). como se ha señalado anteriormente, los ostiones que tienen una longitud de 3-3.5 cm alcanzan la pubertad y comienzan una reproducción activa. Con la expulsión de los productos genitales, se presenta una pérdida de la acumulación de energía, lo que se deja

sentir en la caloricidad total de los animales del grupo de medidas siguientes: 3.5-4.0 cm. Más tarde, la caloricidad de los ostiones comienza de nuevo a ser mas elevada. La convergencia de las magnitudes de caloricidad de los ostiones de los grupos de mayor edad, obtenidas con un método directo y calculadas de acuerdo a la composición química, resulto completamente satisfactoria (Tabla 2).

TABLA 2
Caloricidad de *Crassostrea rhizophorae*

Tamaño (cm)	Peso Seco (g)	Peso Seco % ceniza	KILOCAL/G		Autor
			Sust. Soca	Sust. Seca sin ceniza	
2.9	0.069	2.90	5.24	5.39	
3.8	0.104	9.49	4.35	4.81	Ostapienia, 1963
4.3	0.156	8.83	4.80	5.26	Jmeliova, 1964
5.4	0.263	9.90	4.99	5.54	
6.0	0.274	8.93	4.91	5.39	
6.0		8.90	5.03*	5.52*	Sánchez Roig y Gómez de la Maza, 1954
6.0		7.60	4.22*	5.11*	Medcof, 1961 (<i>O. virginica</i>)
8.5	2.400	10.00	4.60*	5.10*	Nicolic, 1963 (<i>O. edulis</i>)
9.9	2.700	13.3	4.93*	5.66*	

*Caloricidad calculada por medio de la composición química

UTILIZACION DEL OXIGENO POR LOS OSTIONES

Como hemos señalado, los ostiones en condiciones normales, permanecen diariamente largo tiempo fuera del agua y, en una serie de casos, están expuestos a la influencia de grandes variaciones en la salinidad. Debido a esto, la determinación de la respiración se realizó inmediatamente después de la mayor estancia de estos individuos fuera del agua y después de su mayor estancia en el agua (9-12 horas). Además, se realizaron dos series de experimentos con una salinidad de 10-30‰. Suponíamos que estas condiciones extremas ejercerían una influencia notable sobre el nivel de respiración de los ostiones.

Las condiciones experimentales estuvieron extremadamente cerca de las naturales. Para la realización de los experimentos se utilizó agua del mismo sitio donde habitan los ostiones; se observó su estancia periódica en el agua y su exposición al aire, características para las condiciones naturales durante dicho período. Después de cada experimento, los ostiones eran devueltos en un vivero especial a su hábitat en la bahía. El ritmo de la actividad vital de los animales no ha sido alterado. Los experimentos sobre la determinación de la respiración, tanto después del período máximo de estancia fuera del agua como en el agua, se realizaron con los mismos ostiones. No

hubo tipo alguno de interrupción entre las series de experimentos.

La determinación de la respiración se realizó de acuerdo con el método del respirómetro de circuito abierto .

Antes del experimento, las valvas de los ostiones eran cuidadosamente limpiadas y cubiertas con una capa fina de parafina, para excluir la utilización de oxígeno por las sustancias orgánicas fijadas a ellas y separar las burbujas de aire que podían encontrarse en la superficie irregular de las valvas. Paralelamente, se estableció un control con agua sin los ostiones, y con algunas valvas de los animales cubiertas por la parafina. Los experimentos con las especies fueron repetidos dos veces.

Los experimentos se realizaron a una temperatura de 23-25.6°C. En todas las series, se estudió la interdependencia de la respiración y el peso del cuerpo de los ostiones. El peso seco de las partes blandas del cuerpo de los animales fue de 1-600 mg, el peso húmedo de 5-3500 mg; el peso total de los ostiones con las valvas era de 5.25 g y su longitud oscilaba entre 1 y 8 cm.

Los resultados de los experimentos se presentan en la Figura 8, donde los puntos experimentales se encuentran en un sistema de coordenadas logarítmicas. Los datos obtenidos fueron elaborados de acuerdo con la curva de Krog (Wilberg, 1956) a una temperatura de 25°, cercana a la media anual para las aguas cubanas. La elaboración de los resultados por el sistema de los cuadrados mínimos permitió determinar la dependencia que hay entre la respiración y el peso del cuerpo de los animales, expresaba por medio de la ecuación de la parábola:

$$Q = aWk \quad (3)$$

Q = utilización del oxígeno en ml/ejemplar.

Donde:

W = peso de los animales en gramos

a y k = coeficientes empíricos

Para todas las series de experimentos, se calcularon las ecuaciones particulares de la dependencia de la respiración con el peso del cuerpo de los ostiones. Los coeficientes obtenidos resultaron bastante cercanos. El coeficiente k resultó cercano a la unidad (0.98 por término medio), el coeficiente a (3.03). De aquí se deduce que en toda la escala de medidas estudiada en los animales, la utilización del oxígeno en una unidad del peso del cuerpo era prácticamente igual (3.03 ml/O₂ en 1 g de peso seco a una temperatura de 25°C). Esto nos permitió plotear todos los puntos experimentales en un gráfico (Fig. 8) y por medio de la ecuación construir una curva teórica que refleja la dependencia de la respiración con el peso del cuerpo de los ostiones. De esta manera, la ecuación de la parábola, señalada anteriormente, queda de la siguiente forma:

$$Q_{25} = 3.03^{0.98}$$

Los experimentos realizados demostraron que la continuidad características para las condiciones naturales de estancia en el agua y en el aire no ejerce una influencia importante sobre la respiración de los ostiones.

Los resultados análogos fueron obtenidos en la acción de diferentes salinidades. De esta manera, se ve perfectamente que la disminución de la salinidad en la bahía hasta un 10%, no provoca alteraciones importantes en la velocidad de utilización del oxígeno por los ostiones.

Estos factores señalan la fácil adaptación de los animales estudiados a las bruscas variaciones de los más importantes factores del medio ambiente y la gran estabilidad de su metabolismo en estas condiciones.

En cuanto a los datos obtenidos, el análisis de la magnitud del coeficiente k es de gran interés. Este coeficiente; que predomina en la mayoría de los moluscos bivalvos marinos y de agua dulce, es muy alto y cercano a la unidad (Tabla 3).

La magnitud k puede depender de la edad de los animales. En los experimentos con *Mytilus edulis*, se determinó que k es prácticamente igual a la unidad, lo que es característico solamente para

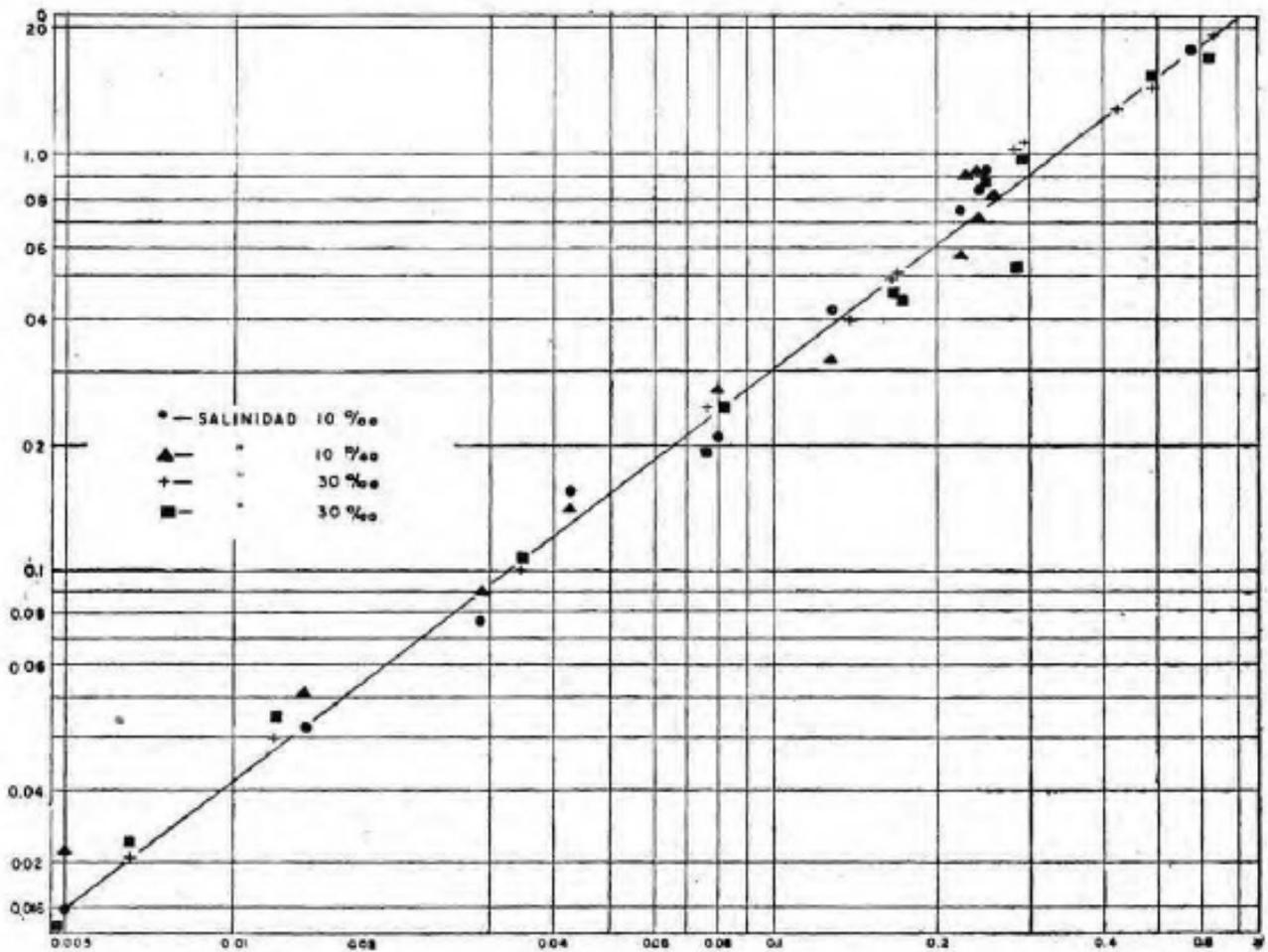


FIGURA 8

Dependencia entre la respiración (Q) y el peso de los ostiones (W) a 25°C.
 Durante el experimento los ostiones permanecieron 10 horas fuera del agua (•),
 8 horas dentro (Δ) y 12 horas dentro del agua (□).

TABLA 3

Valores Numéricos de los Coeficientes a y k para los Moluscos Bivalvos

No.	Especies	a	k	W	Autor
1	<i>Dreissensia polymorpha</i>	0.22	1.05	0.003-2.70	Wesemeier, 1960
2	<i>Ibid.</i>	0.29	0.70	0.0-0.30	Lugwig und Krywienczk, 1950
3	<i>Anadonta cygnea</i>	0.14	0.93	0.03-60.00	Wesemeier (<i>op. cit.</i>)
4	<i>Unio pictorum</i>	0.06	1.10	4.05-10.40	<i>Ibid.</i>
5	<i>Musculium lacustris</i>	0.06	0.94	0.002-0.03	<i>Ibid.</i>
6	<i>Mytilus edeulis</i>		1.00		Krüger, 1958,
7	<i>Ibid.</i>	0.25	0.95	0.004-0.40	Zeuthen, 1953
8	<i>M. galloprovinciales</i>	0.15	0.81		Vilenkina, 1956
9	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	0.33	0.98	0.005-3.50	Jmeliova

los animales con un peso húmedo de 0.004-0.4 g. En los moluscos más jóvenes y en los más viejos fue mucho más bajo (Zeuthen, 1953).

Nosotros investigamos una amplia escala de peso de los ostiones; sin embargo, no obtuvimos ningún tipo de alteración en la curva teórica, la cual señalaría una diferencia entre los coeficientes k y los grupos de diferentes edades. El valor esencial en la determinación de la magnitud k , depende del grado de organización e integración nerviosa del aparato respiratorio y del sistema circulatorio de los animales (Wesemeier, 1960 y Bertalanffy et al, 1948). Basándonos en los datos conocidos, podemos suponer que el coeficiente k está próximo a la unidad y que es característico para los animales menos integrados, cuya respiración está cercana a la de los tejidos. Como demostraron Bertalanffy y Pyrozynski (1953), la intensidad de respiración de los diferentes tejidos durante el proceso de crecimiento de los animales, prácticamente se mantiene constante, lo que determina el alto valor de k . Este factor lo encontramos en la mayoría de los moluscos bivalvos, cuyo grado de integración no es muy alto y, en menor escala, en los gastrópodos, donde k se encuentra casi siempre entre 0.65 y 0.85. Estos tipos de valores k son característicos para los crustáceos, peces y otros grupos de animales.

De acuerdo con la clasificación de Bertalanffy (1951 y 1953), el intercambio de oxígeno de los ostiones estudiados puede ser incluido en el segundo tipo, cuando la respiración es proporcional a la masa (peso) de los animales y la intensidad del metabolismo (x) es constante.

El nivel del intercambio energético se determina con el valor del parámetro a .

Sobre la base de las ecuaciones 1-3 y de la curva de Krog nosotros calculamos la utilización de oxígeno en el peso húmedo de las partes blandas del cuerpo y en el peso total de los ostiones con las valvas a una temperatura de 20°C, lo que posibilita el comparar los datos obtenidos con la bibliografía existente sobre una serie de moluscos y otros invertebrados.

El coeficiente a para el peso húmedo es de 0.328

ml O₂/g/hora y en el peso total, 0.044 ml O₂/g/hora. De esta manera, la magnitud a en *C. rhizophorae* resultó alta (0.328 ml O₂/g de peso húmedo/hora a 20°C), a pesar de que la opinión referente a que los moluscos tienen bajo el nivel metabólico es muy difundida. En cierto grado, el nivel bastante alto del metabolismo de los ostiones puede ser determinado por la alta velocidad de su crecimiento en las comparativamente cálidas aguas cubanas (temperatura media anual del agua, 24°C). Por ejemplo, las especies norteamericanas de ostiones alcanzan las medidas máximas después de 2-3 años, mientras que *C. rhizophorae*, en el litoral de Cuba, crece hasta estos mismos límites en 7-8 meses (Sánchez-Roig y Gómez de la Maza, 1954).

En lo que se refiere a la intensidad de respiración de los ostiones, Galtsoff y Whipple (1913) dan, para las especies norteamericanas adultas, resultados dos veces inferiores a los de *C. rhizophorae*, con las mismas medidas. Por otra parte, el estado fisiológico de los moluscos puede ejercer influencia sobre su intensidad de respiración de los juveniles y de los animales adultos (Bertalanffy y Müller, 1943).

De acuerdo con los datos de Wesemeier (1960) con una alimentación insuficiente durante 2-3 semanas, la utilización de oxígeno por el *Anadonta* disminuyó dos veces. Las magnitudes del nivel de metabolismo, obtenidas por ellos para todos los moluscos, las consideran como reducidas, puesto que antes de los experimentos los animales fueron mantenidos durante dos semanas en completo ayuno para lograr su aclimatación a la temperatura. Teniendo en cuenta esta circunstancia, el valor a , realizado por Wesemeier, aumenta aproximadamente hasta 0.35 ml O₂/g de peso húmedo/hora a 20°C. Un fenómeno análogo fue notado por Winberg (1959). Para diez especies de moluscos gastrópodos, obtuvo valores a entre los límites de 0.05-0.31 ml O₂/g de peso húmedo/hora a 20°C. Sin embargo, el autor está inclinado a considerar que a con el valor de 0.31 refleja de

una manera más correcta el nivel medio de estos moluscos en condiciones naturales, puesto que la

magnitud dada se obtuvo en ejemplares frescos, recién tomados para el experimento.

Spärk (1936), estudiando el metabolismo de 30 especies de moluscos árticos, boreales y del Mediterráneo, obtuvo las magnitudes de utilización del oxígeno en un orden de 0.2-0.35 ml O₂/g de peso húmedo/hora a 20°C, dependiendo de la ecología de la especie.

De esta manera, el alto nivel de metabolismo de *C. rhizophorae* no es una excepción para los moluscos y puede considerarse como real en las condiciones naturales estudiadas.

ALGUNAS PARTICULARIDADES CUANTITATIVAS EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS OSTIONES

Los ostiones están incluidos entre los animales filtradores; sus necesidades alimenticias son satisfechas con las sustancias orgánicas en suspensión en el agua y su alimento principal son las algas. Para valorar el gasto de sustancia y energía en el crecimiento del animal y sus necesidades alimenticias, es necesario saber la cantidad de alimento utilizado en una unidad de tiempo y especialmente la parte de comida asimilada. Los datos publicados sobre la asimilación alimenticia de los invertebrados son muy escasos y en cuanto a los ostiones, se carece de ellos.

Con la ayuda del método de radiocarbono (Sorokin y Mieschkov, 1959) y el cálculo del peso, determinamos las magnitudes de utilización y capacidad de los ostiones para asimilar dos especies de algas: la diatomea *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. y la protococcale *Ankistrodesmus braunii* Brunth. *Skeletonema costatum* es un alimento natural para los ostiones; durante todo el tiempo que duró el trabajo esta especie entró constantemente en la composición del fitoplancton de la Bahía de la Ortigosa y, durante el mes de Diciembre, se produjo un "florecimiento"; su cantidad osciló entre 6.5 y 9 millones de células en un litro y la biomasa hasta 6 mg/l.

A. braunii fue experimentado como posible alimento complementario para cultivar los ostiones

La temperatura del agua durante los experimentos fue de 25-26°C y la salinidad de 25-30‰.

Los experimentos se realizaron con algunas concentraciones de algas, cercanas a las naturales y bastante más altas. Se estudiaron los ostiones que tenían unas medidas de 1-7 cm y con un peso seco del cuerpo desde 2.7 hasta 3.56 mg.

En todos los experimentos se observó la formación de gran cantidad de pseudofecales. Esto significa, que la velocidad de formación del bolo alimenticio es mucho más alta que la velocidad con que éste pasa a través del aparato digestivo. De acuerdo con la opinión de una serie de autores, la formación de los pseudofecales depende de la segregación del mucus por los extremos de la manta. En la segregación del mucus y en la formación de los pseudofecales influyen la cantidad y calidad de los alimentos filtrados. El mucus segregado facilita el pase del alimento a través de la cavidad bucal (MacGinitie, 1941, Jorgensen, 1949, Ballantine y Mrton, 1956, Loosanof y Engle, 1947 y Yonge, 1960).

La velocidad de formación de los pseudofecales en *C. rhizophorae* dependía de la concentración y su forma y consistencia, de la especie de alga. En altas concentraciones de algas, la primera expulsión de pseudofecales se presentó minutos después de haber comenzado la filtración. Con la disminución de la concentración, el tiempo de exposición de éstos aumenta. En una baja biomasa de algas (0.4 mg/l), en condiciones naturales, no se forman pseudofecales.

Las curvas en la Figura 9 reflejan la dependencia de la utilización y la asimilación de las algas protocolares (*A. braunii*), de su cantidad y del peso de los ostiones.

Con el aumento del peso seco hasta 100 mg, la alimentación aumenta considerablemente. En los ostiones con un peso seco de 200 mg, la magnitud de utilización de alimentos no varía prácticamente, lo que prueba la conversión de la curva en una recta (Fig. 9).

La cantidad de comida utilizada por los ostiones de un mismo tamaño resultó muy cercana, incluso cuando la variación de la concentración

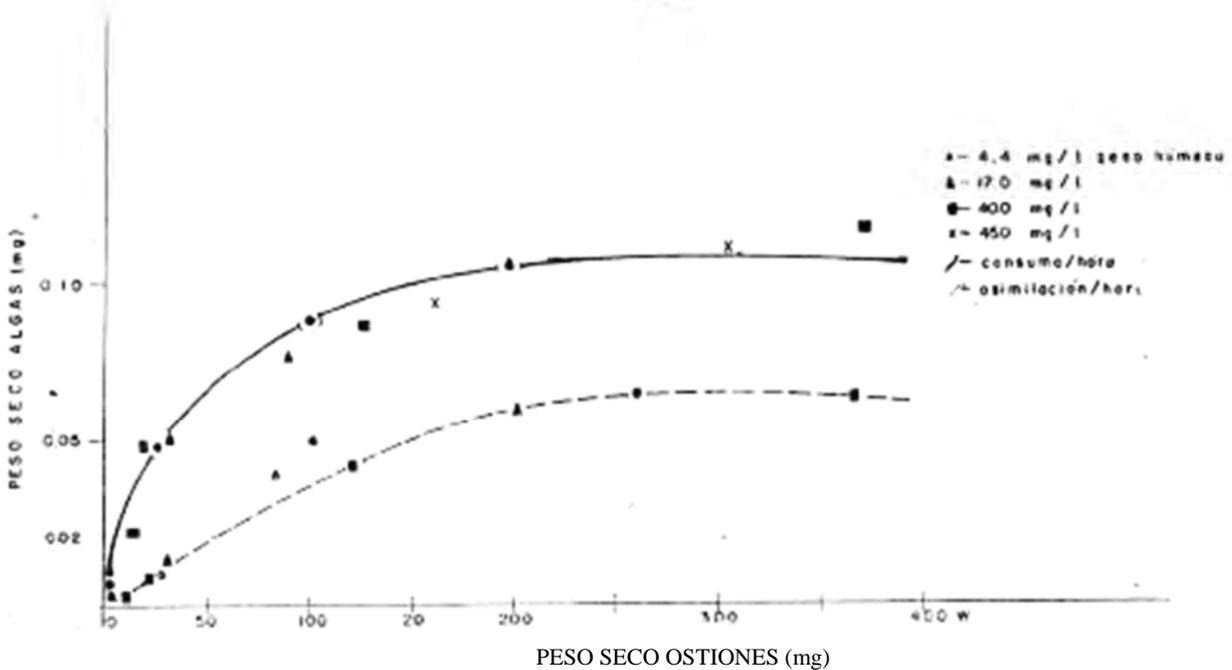


Figura 9
Dependencia entre la utilización y asimilación de las algas
Ankistrodesmus braunii

de algas fue de 10 veces. La cantidad diaria de alimentos para *A. braunii* era de 0.4-5% del peso seco del cuerpo de los moluscos. El por ciento del alimento asimilado del peso del cuerpo se mantiene en límites cercanos (0.3-2.5%). Al calcular en una unidad de peso, la alimentación diaria se encuentra en dependencia inversa al peso individual de los ostiones (Tabla 4).

La dependencia entre la utilización de algas protococales y su concentración en el agua y peso de los ostiones resultó análoga a la utilización de estas algas (Fig. 9).

El grado de asimilación en los ostiones pequeños y medianos (hasta 100 mg de peso seco) fue de 8-30%; en los ostiones grandes fue de un 54.68%. La ración de alimento asimilado por unidad de peso resultó bastante cercana para todos los grupos de diferentes medidas (2.6-356 mg de peso seco); es decir, 3.0-5.3 mg de peso seco de alimento por gramo de peso seco del cuerpo de los ostiones.

La utilización de *S. costatum* en todas las concentraciones experimentales (10-135 millones/l)

aumentaba con el incremento en las medidas de los ostiones. La ración diaria fue superior a la suministrada a *A. braunii* y fue en término medio, un 75% del peso del cuerpo; su asimilación se encontraba entre los límites de 5.22% del peso del cuerpo. También se notó una tendencia a la disminución de las magnitudes de la ración diaria por unidad de peso de los ostiones de gran tamaño. Sin embargo, la cantidad de comida asimilada en el cálculo por unidad de peso con variación del mismo, se mantiene aproximadamente en los mismos límites (Tabla 5).

La asimilación por los ostiones de esta especie de alga era de 6-35% del volumen utilizado. Las diatomeas fueron poco asimiladas por los ostiones más jóvenes (6-9%). El coeficiente de asimilación de las algas adultas fue varias veces superior (0.35-35%). El por ciento de asimilación de *S. costatum* dependía poco de la cantidad de algas utilizadas en las diferentes concentraciones de éstas en el medio. Esto nos habla sobre el hecho de que las magnitudes absolutas del alimento asimilado aumentaron proporcionalmente al incremento en la cantidad de alimento utilizado.

TABLA 4

Dependencia entre la Ración Diaria y el Peso de los Ostiones Alimentados con Algas Protococcales
(*A. braunii*)

Ejemplares	Peso Seco Cuerpo (mg)	RACION DIARIA		
		Mg Peso Seco Comida / ejemplo	Peso del Cuerpo %	Peso Seco Comida /G Peso Seco Cuerpo
275	2.6	0.11	4.3	43.0
282	3.0	0.10	4.0	40.0
277	5.2	0.26	5.0	50.0
466	20.0	0.62	3.1	31.0
488	27.0	0.60	2.2	22.0
620	30.5	0.63	2.1	21.0
421	73.0	0.96	1.3	13.0
353	100.0	1.04	1.0	10.0
417	110.0	1.20	1.1	11.0
377	121.0	1.10	0.5	5.2
389	163.0	1.12	0.7	7.2
359	200.0	1.32	0.6	6.6
487	256.0	1.11	0.5	5.0
493	300.	1.22	0.4	4.0
490	356.0	1.40	0.4	4.0

TABLA 5

Dependencia entre el Consumo y Asimilación de *S. costatum* y el Peso de los Ostiones¹

Ejemplares	Peso Seco (mg)	MG PESO SECO/ DIA			
		CONSUMO		ASIMILACION	
		Por Ejemp.	Por g Peso Seco Del Cuerpo	Por Ejemp.	Por g Peso Seco Del Cuerpo
203	1.6	3.1	1940.0	0.19	118.8
460	3.1	6.5	2100.0	0.43	139.0
463	4.6	6.2	1348.0	0.50	110.0
470	14.4	11.7	812.3	1.88	130.6
469	34.6	29.0	838.1	5.03	142.4
465	85.0	49.5	582.3	10.60	124.7
408	123.5	55.1	446.1	13.50	109.2
496	172.2	91.2	529.0	21.47	124.1
489	190.5	77.1	405.0	17.64	90.0
500	304.0	81.1	266.7	27.80	90.0

¹Biomasa de las algas = 60-80 g de peso húmedo/m³

Con una biomasa igual de algas en el medio (18-19 mg de peso húmedo/1), la utilización de *S. costatum* resultó de 8 a 17 veces mayor a la de *A. braunii*; sin embargo, cuando calculamos la energía de la sustancia orgánica de las algas asimiladas, observamos que la diferencia era de 3 a 6 veces menor, debido a la caloricidad de estas algas y a su diferente capacidad de ser asimiladas.

No excluimos que la diferencia señalada en la utilización de las algas esté relacionada con las diferentes formas y medidas de sus células. Las células de *A. braunii* son pequeñas (4-6 μ de ancho, en la parte central, la longitud es de 18-22 μ). Con estas medidas, las células pueden pasar fácilmente con la corriente de agua a través del aparato filtrador sin quedarse en él. Las células de *S. costatum* tienen una forma diferente y están unidas por cadenas, lo que puede jugar un papel positivo en la retención de éstas en el aparato filtrador. Resultados análogos fueron obtenidos con anterioridad para otros moluscos bivalvos (Loo-sanoff y Engle, op. cit., Jorgensen, op. cit., Jorgensen and Golberg, 1953, MacGinitie, op. cit., Rice y Smith, 1958). Es posible que en la magnitud de utilización de *A. braunii* y *S. costatum* se haga notar, en cierta medida, la diferente influencia de estas algas en la formación del mucus de la manta, el que facilita el proceso de alimentación, tratado anteriormente.

ELEMENTOS DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LOS OSTIONES

Sobre la base de los datos obtenidos acerca de la respiración, utilización de los alimentos, poder de asimilación y caloricidad, calculamos las necesidades energéticas de los ostiones y el grado de satisfacción de éstos en la alimentación con algas.

Todas las magnitudes utilizadas para hacer los cálculos fueron halladas con la ayuda de los coeficientes correspondientes en calidad de energía.

La caloricidad de las diatomeas (*Skeletonema costatum*) estuvo próxima a 2 kilocal/g de peso seco, con un contenido de cenizas del 60%, mientras que en las protococcales (*Ankistrodesmus braunii*) fue de 5.3 kilocal/g de peso seco, con un contenido de cenizas del 2%.

Para expresar en calorías las magnitudes de respiración de los ostiones, se utilizaron las proporciones aceptadas internacionalmente: 1 ml O₂ = 4.83 kilocal. El balance energético se calculó utilizando las ecuaciones conocidas ampliamente:

$$R = T + P + N$$

Donde:	R	=	cantidad total de alimento utilizado por el animal.
	T	=	gasto de energía en la respiración.
	P	=	Energía gastada en el crecimiento.
	N	=	energía de alimento no asimilado

En los resultados, se observa que la alimentación con *A. braunii*, en las concentraciones experimentadas (4.5-40.0 g de peso húmedo/m³), no satisface las necesidades energéticas de los ostiones. En la respiración, sólo de un 10-20% de las necesidades queda satisfecho.

Sin embargo, al utilizar *S. costatum*, vimos como las pérdidas energéticas de los ostiones, teniendo las algas una biomasa parecida, se satisfacen ampliamente. En la concentración de algas en el medio (5-20 g de peso húmedo/m³), el alimento asimilado cubre de un 30-85% del gasto energético en la respiración. En la respiración, como término medio, se quema de un 50-60% de la energía asimilada. Este gasto queda satisfecho en su totalidad con concentraciones mayores de algas, empleándose el resto de la energía en otros procesos fisiológicos. En la Tabla 6 se encuentran los parámetros principales de la Ecuación del Balance Energético para uno de los experimentos.

Ahora bien, para las condiciones naturales de la región estudiada, no es característica una alta biomasa de algas. Con una biomasa media de fitoplancton y con la producción primaria de la sustancia orgánica, las que fueron frecuentemente observadas en las zonas costeras del mar y en las bahías, los gastos energéticos de los ostiones casi nunca pueden ser satisfechos por completo. Es posible que otras especies de algas sean utilizadas

TABLA 6
Balance Energético Diario de los Ostiones Alimentados con *S. costatum*¹

Ejemplares	Peso seco (m)	R	N	Alimento asimilado (cal)	T	P	K ₂ *
203	1.6	6.30	5.92	0.38	0.23	0.15	0.40
460	3.1	13.00	12.14	0.86	0.50	0.36	0.42
463	4.6	12.40	11.40	1.00	0.60	0.40	0.40
470	14.4	23.40	19.64	3.76	2.01	1.75	0.46
469	34.6	58.00	47.94	10.06	5.36	4.70	0.47
465	85.0	99.00	77.80	21.20	12.32	8.88	0.42
408	123.0	110.20	83.20	27.00	17.82	9.18	0.40
496	172.2	182.40	139.46	42.94	24.88	18.06	0.42
489	190.5	154.20	113.92	35.28	28.55	8.73	0.22
500	304.0	162.20	106.20	22.60	45.11	10.50	0.19

¹Biomasa de las algas = 60-80 g de peso húmedo/m³

*Coeficiente del gusto de energía en el crecimiento.

y asimiladas más efectivamente, en particular las flageladas que carecen de envolturas duras. Podemos suponer perfectamente que las principales fuentes complementarias sean los detritus, las bacterias y los pequeños protozoos.

Utilizando los resultados de los trabajos de campo y experimentales, calculamos la posible producción industrial de ostiones cultivándolos en 1 m² de la superficie de crecimiento por 1 m² de la superficie del agua. El substrato donde se asientan las larvas de los ostiones debe estar a la profundidad media de la amplitud de marea. La biomasa de los ostiones en los mangles de la Bahía de la Ortigosa era de 1.7 kg/ m²; sin embargo, en condiciones de cultivo se pueden coleccionar hasta 35 kg/ m².

Con un promedio de 250 ostiones por metro cuadrado y con una correlación entre los grupos de diferentes medidas, cosa característica para la Bahía de la Ortigosa, el peso húmedo total de los moluscos en esta superficie puede ser de 3.6

kg de masa orgánica, mientras que el peso seco correspondiente será de 600 g.

En la respiración, los ostiones emplean 1 800 ml O₂/hora a 25°C, u 8.7 kilocal/hora. Para satisfacer el gasto de energía se necesita, sólo en el intercambio energético, más de 1.6 g de sustancia orgánica seca con una caloricidad no menor de 5 kilocal/jg. Con el cálculo del coeficiente de asimilación del alimento en término medio de 0.3, esta cantidad aumenta proporcionalmente hasta 4.5 g/hoja. En el intercambio plástico, la reproducción y otros procesos fisiológicos, es imprescindible una cantidad menor de 1.5-2.0 g/hora de sustancia orgánica seca.

Si aceptamos que los ostiones obtienen la energía necesaria solamente gracias a las algas, entonces para obtener la cantidad señalada de alimento con una biomasa de fitoplancton de 150 mg de peso seco/m³, éstos tienen que filtrar más de 30 m³, de agua. El volumen de filtración de agua,

calculado por nosotros para los ostiones, es completamente real y se encuentra en concordancia con los datos bibliográficos.

Los resultados obtenidos demuestran que los ostiones, formando en la biocenosis de los mangles una zona de filtración, juegan un papel muy importante en la transformación de la sustancia y la energía. Los datos obtenidos pueden ser utilizados también al cultivar e introducir a *Crassostrea rhizophorae* en nuevas regiones.

BIBLIOGRAFIA

- BALLANTINE, D. AND J.E. MORTON
1956. Filtering, feeding and digestion in the Lamellibranch *Lasaea rubra*. Jour. Mar. Biol. Ass. R. U. vol. 25, no. 1, pp. 241-274, illus.
- BERTALANFY, L.
1951. Metabolic types and growth types. Amer. Nat. vol. 85, pp. 111-117.
- BERTALANFFY, L. AND J. KRYWIENCZYK
1953. The Surface rule in Crustaceans. Amer. Nat., Vol. 87, pp. 107-110.
- BERTALANFFY, L. AND L. MÜLLER
1943. Untersuchungen ueber die Gesetzmäßigkeit des Wachstums. VIII. Die Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körpergröße und der Zusammenhang von Stoffwechselformen und Wachstumstypen. Rivista di Biología, Bd. 35, H. 1, pp. 48-95.
- BERTALANFFY, L. AND W.D. PYROZYNSKI
1953. Tissue respiration, growth, and basal metabolism. Biol. Bull., vol. 105, no. 2, pp. 240-256, illus.
- BRAND, T. M.O. NOLAN AND E.R.
1948. Observation on the respiration of *Australorbis Glabratus* and some other aquatic snail. Biol. Bull. Vol. 95, no 2.
- DROZNOV, B.N.
1962. Calorímetro para la determinación de la temperatura de combustión del combustible (en Ruso). Moscú, Edit. Pedagógica.
- GALTSOFF, P.S. AND D.V. WHIPPLE
1913. Oxygen consumption of normal and green oysters. Bull. U.S. Bur. Fish. vol. 46, no. 1094, pp. 489-508.
- GÓMEZ DE LA MAZA, F.
1933. Ostricultura y mejoramiento del ostión cubano. La Habana, Rev. Agricultura no. 3.
- JORGENSEN, C.B.
1949. The rate of feeding by *Mytilus* in different kinds of suspension. Jour. Mar. Biol. Ass. R. U., vol. 28, no. 2, pp. 333-344.
- JORGENSEN, C.B. AND E.D. GOLDBERG
1953. Particle filtration in some Ascidians and Lamellibranchs. Biol. Bull., vol. 105, no. 3, pp. 477-489.
- KAÜGER, F.
1958. Größenabhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs und einheimischer Grillen. Biol. Zbl., t. 77.
- LLOOSANOFF, V.L. AND J.B. ENGLE
1947. Effect of different concentrations of microorganisms on the feeding of oysters (*O. virginica*). U.S. Fish. W. Serv., Fish. Bull., vol. 51, no. 42, pp. 31-57.
- LUDWIG, W. UND J. KRYWIENCZYK
1950. Körpergröße, Körperzeiten und Energiebilanz. III. Mitteilung. Der Sauerstoffverbrauch von Muscheln in Abhängigkeit von der Körpergröße. Zs. Verh. Physiol., Bd. 32, pp. 464-467.
- MACGINITTE, C.E.
1941. On the method of feeding of four pelecypods. Biol. Bull., vol. 80, no. 1, pp. 1S-25.
- MEDCOP, J.C.
1961. Oyster farming in the Maritimes. Fish. Res. Bd. Can. Bull., no. 131.
- NICOLIC, M. Y M. MARINKOVIC
1963. Rast kamenice *Ostrea edulis* L. prije i za vrijeme, fertilizacije mora ulimskom kanalu, istra, od 1957 do 1960. Thalassia Jugoslavica Biol. Inst. Rovinju vol. 2, no. 4.
- OSTAPIENIA, A. Y A. L. SERGUELEV
1963. Caloricidad de la sustancia seca de los invertebrados acuáticos alimenticios (en Ruso). Prob. Ictiol. t. 3, ed. 1/26.
- PÉREZ-FARFANTE, I.
1954. El ostión cubano. Contrib. Cent. Invest. Pesq., no. 3.
- RICE, T.R. AND R. SMITH
1958. Filtering rates of the hard clam (*Venus mercenaria*) determined with radioactive phytoplankton. Fish. Bull., vol. 56, no. 129, pp. 73-82, illus.
- SÁNCHEZ ROIG, M. Y F. GÓMEZ DE LA MAZA
1954. El ostión cubano. Trab. Divulg. Cent. Invest. Pesq. no. 1.
- SOROKIN, Y. L. Y A. N. MIESHKOV
1959. Utilización del isótopo radiactivo del carbono para el estudio de la alimentación de los invertebrados acuáticos. (en Ruso). Trab. Inst. Biol. URSS, ed. 3/6.
- SPÄRCK, R.
1936. On the relation between metabolism and temperature in some marine Lamellibranchs, and its zoogeographical significance. Hgl. Danske, Vedensk., Selsk., Biol. Medd., Bd. 12, helf 5.

VILENKINA, M.

1965. Respiración de los tejidos de algunos invertebrados marinos (en Ruso) . Moscú, Edit. Pedagógica.

VILARÓ DÍAZ, J.

1886. Instrucciones para EL establecimiento de las industrias ostrícolas en el litoral cubano. La Habana, Alvarez y Cía.

WESEMIER, H.

1960. Untersuchungen über die Stoffwechselredution ein intraund interspezifischer vergleich an 17 Moluskenarten. Zs. Vergl. Physiol., Bd., 43, heft. 1.

WINBERG, G.G.

1956. Intensidad de metabolismo y necesidades alimenticias de los peces (en Ruso). Minsk, Edit Univ. Estatal Bielorrusia.

1959. Correlación entre la intensidad de metabolismo y peso del cuerpo de los moluscos gastrópodos de agua dulce (en Ruso) . Rev. Zoológica, t. 38, ed. 8.

YONGE, C.M.

1960. Oysters. London, Collins.

ZEUTHEN. E.

1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. Quart. Rev. Biol., Biol., Vol. 28, no. 1.