

Relaciones entre unidades de volumen y unidades de Biomasa en distintas especies de Algas Bentónicas.

Aplicación a evaluaciones de Biomasa del Fitobentos

JAVIER ROMERO MARTINENGO

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Avda. Diagonal, 645, Barcelona-28. España.

INTRODUCCIÓN

En el estudio general de las comunidades bentónicas de las islas Medes (Girona) llevado a cabo por un equipo de investigadores del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona (ZABALA *et al.*, 1980), se planteó el problema de hallar una forma de cuantificar las distintas especies animales y vegetales que aparecían en las muestras mediante una unidad común y de validez general, que permitiera comparar valores obtenidos para diversos grupos. Una solución idónea puede ser el empleo de la biomasa, como ha sido propuesto en muchos trabajos (BELLAN-SANTINI, 1969; NIELL, 1976; SALDANHA, 1976) aunque su estima puede resultar excesivamente trabajosa.

Con el fin de agilizar el proceso, se ideó un método basado en la medida del volumen de las especies en todas las muestras, que complementado por el cálculo de unos factores de conversión permitiera transformar las medidas de biovolumen en unidades de biomasa (CRISP, 1971). Se presentan en este trabajo los criterios usados para realizar es-

tas transformaciones en lo que se refiere al fitobentos, los resultados obtenidos, y una breve discusión sobre la validez del método.

METODOLOGÍA

Aunque en unas pruebas preliminares sobre *Codium vermilara* no se observaron diferencias significativas en las relaciones peso fresco/volumen (PF/V), peso seco/volumen (PS/V) y peso seco/peso fresco (PS/PF) entre ejemplares conservados en formaldehído neutralizado y ejemplares recién recolectados, se procuró realizar las pesadas con material fresco, en buen estado, libre de epífitos y que fuera representativo, en la medida de lo posible, de la amplia gama de condiciones o variables que parecía podían influir sobre las relaciones mencionadas (estado reproductor, hábitat, época del año, etc.).

El proceso seguido fue el siguiente:

Medida del volumen: el ejemplar, previamente despojado de sus epífitos por medios manuales (lanceta, pinzas, etc.) y

eliminada el agua de adherencia por secado con papel de filtro, era sumergido en una probeta conteniendo agua de mar. La diferencia de enrases era tomada como valor del volumen, con una precisión de hasta $0,5 \text{ cm}^3$.

Medida del peso fresco: tras ser nuevamente secado con papel de filtro, el ejemplar era depositado en un recipiente muy liviano de papel de aluminio previamente secado en la estufa durante dos horas, enfriado en un desecador y tarado. Las pesadas se efectuaron en una balanza de precisión Mettler H10; los valores, obtenidos hasta la décima de miligramo, eran redondeados a centigramos.

Secado: se introducía el ejemplar en una estufa y se mantenía durante 24 horas a 105°C . Para algunas especies o ejemplares pequeños, el peso dejaba de disminuir a partir de las dos o tres primeras horas, pero se comprobó que en estos casos no había pérdida de peso ulterior.

Consultada bibliografía sobre el tema (CRISP, 1971; ROUND & HICKMAN, 1971; VOLLENWEIDER, 1969; ALLEN, 1974) y a pesar de que es posible que en el proceso de secado en estufa se pierdan compuestos orgánicos (SOEDER & TALLING, 1969), creemos que este procedimiento es válido, en particular por ser el usado por infinidad de autores y rendir en consecuencia, datos estandarizados y comparables.

Medida del peso seco: previo enfriamiento en un desecador, los ejemplares eran de nuevo pesados.

Se siguieron, para todas estas medidas, los criterios de precisión habituales: manejo del material con pinzas, mantenimiento del mismo en atmósfera anhidra, etc. Para cada especie se repitió el proceso un cierto número de veces, número que estuvo en función de las disponibilidades de muestras.

Cenizas: se obtuvieron a 450°C de temperatura y para ello se introducían en un horno durante 4-5 horas ejemplares

recién secados cuyo volumen, peso fresco y peso seco fueran conocidos.

Factor de conversión: se calculó suponiendo *a*) que existía linealidad entre las magnitudes estudiadas y *b*) que a un volumen de 0 cm^3 le correspondía un peso de 0 cg. Así, se promediaron los valores PF/V, PS/V y PS/PF obtenidos para cada especie. El uso del criterio de los mínimos cuadrados (rectas de regresión) o de ecuaciones alométricas no mejoraba el ajuste de los datos, ya que los resultados eran prácticamente idénticos y tan sólo se complicaba el modelo.

RESULTADOS

La tabla I resume los factores de conversión que se proponen. Es una tabla incompleta, y debe ser ampliada, tanto en lo que respecta al número de especies como al número de ejemplares de las mismas. La tabla II, a guisa de ejemplo, presenta los resultados de las medidas efectuadas en dos especies diferentes.

DISCUSIÓN

La variabilidad intraespecífica de las relaciones estudiadas queda más o menos reflejada en la amplitud de los intervalos de confianza para la media (tabla I). Pueden influir sobre ella algunas variables de las ya mencionadas, y tal vez ciertas incorrecciones del método, en particular el hecho de que la medida del volumen fuera poco precisa en relación a la medida del peso. El cálculo del volumen de las distintas especies asimilándolas a figuras geométricas de revolución, tal como se hace para el plancton (SMAYDA, 1978) no parece pueda aumentar el grado de precisión.

La variabilidad interespecífica (tabla I) es más interpretable, especialmente en lo que hace referencia al contenido en carbonatos, factor determinante del orden de magnitud de los factores hallados. Las cenizas pueden constituir hasta un 85-95 % en peso de las especies de corali-

TABLA I.— Factores de conversión entre volumen, peso fresco y peso seco. N.º, número de muestras, PF, peso fresco (gramos) correspondiente a 1 cm³ del alga; PS, peso seco (gramos) correspondiente a 1 cm³ del alga; I ±, semiamplitud del intervalo de confianza para la media; %, PS/PF × 100. Conversion factors between volume, fresh weight and dry weight units. N.º, number of samples; PF, fresh weight (g) of a volume of 1 cm³; PS, dry weight (g); I ±, 1/2 × amplitude of confidence interval.

ESPECIE	Nº	PF	I [±]	PS	I [±]	%
<i>Asparagopsis armata</i>	6	0,935	0,110	0,095	0,017	10,2
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	1	0,993	-	0,107	-	10,7
<i>Bryopsis muscosa</i>	3	0,992	-	0,139	-	15,1
<i>Ceramium ciliatum</i>	3	0,584	-	0,093	-	15,9
<i>Cladostephus hirsutus</i>	3	0,757	-	0,126	-	16,6
<i>Codium bursa</i>	8	1,061	0,227	0,098	0,021	9,2
<i>Codium effusum</i>	5	1,033	0,048	0,081	0,012	7,8
<i>Codium vermilara</i>	14	1,024	0,057	0,092	0,010	9,0
<i>Colpomenia sinuosa</i>	2	0,974	-	0,069	-	7,1
<i>Corallina</i> sp.	6	1,329	0,151	0,705	0,124	53,0
<i>Cystoseira compressa</i>	2	1,285	-	0,149	-	11,6
<i>Cystoseira mediterranea</i>	3	0,956	-	0,156	-	16,3
<i>Cystoseira opuntioides</i>	1	1,013	-	0,147	-	14,5
<i>Dictyota dichotoma</i>	1	0,820	0	0,140	-	17,1
<i>Dilophus spiralis</i>	1	0,920	-	0,080	-	8,7
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>	5	0,803	0,212	0,240	0,038	29,9
<i>Gelidium latifolium</i>	1	1,000	-	0,256	-	25,6
<i>Gelidium spathulatum</i>	1	0,847	-	0,193	-	22,8
<i>Halimeda tuna</i>	6	0,971	0,181	0,180	0,064	18,5
<i>Halopteris filicina</i>	6	0,854	0,265	0,189	0,053	22,1
<i>Halopteris scoparia</i>	6	0,937	0,225	0,231	0,049	24,7
<i>Laurencia pinnatifida</i>	2	0,971	-	0,099	-	10,2
<i>Lithophyllum expansum</i>	3	1,835	-	1,231	-	67,1
<i>Lithophyllum incrustans</i>	2	1,728	-	1,348	-	78,0
<i>Lithophyllum tortuosum</i>	2	1,224	-	0,718	-	58,7
<i>Padina pavonica</i>	1	0,234	-	0,036	-	15,4
<i>Peyssonnelia rubra</i>	1	0,900	-	0,335	-	37,2
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	3	1,031	-	0,275	-	26,7
<i>Phymatolithon calcareum</i>	1	1,240	-	0,966	-	77,9
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	1	1,384	-	0,737	-	53,3
<i>Plocamium cartilagineum</i>	3	1,014	-	0,159	-	15,7
<i>Polysiphonia</i> sp.	1	0,596	-	0,124	-	12,0
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	4	1,118	-	0,202	-	18,1
<i>Taonia atomaria</i>	1	1,220	-	0,110	-	9,0
<i>Udotea petiolata</i>	6	0,818	0,240	0,212	0,054	25,9
<i>Ulva rigida</i>	5	1,089	0,175	0,211	0,062	20,3

náceas, siendo atribuible a los carbonatos la mayor parte (BELLAN-SANTINI, 1969; PAINE & VADAS, 1969). Se trataría de CaCO₃ y MgCO₃ en proporciones variables. Por ejemplo, LÓPEZ (1963) halla una relación cercana a 6:1 en *Phymatolithon calcareum* de las costas gallegas (puede hallarse una extensa revisión sobre el tema de la calcificación algal en BOROWITZKA, 1977). Otros grupos de algas no incrustantes presentan valores de cenizas de entre un 20 y un 50 % del peso seco.

Respecto a la validez del método, debe observarse que el error introducido es sin duda de un orden de magnitud inferior

al que se produce en el resto de manipulaciones del material, y especialmente, la recolección submarina (ROS, 1976; ZABALA *et al.*, 1980). La estima de la superficie a muestrear, el proceso de arrancar los ejemplares, la separación por grupos, etc., conlleva errores superiores a los atribuibles al método. Por lo tanto, y aplicado a nuestro caso y objetivos particulares, creemos que el procedimiento propuesto es válido; representa un ahorro de tiempo en cuanto al número de muestras es superior a 100. Por otra parte, los factores calculados quedan a disposición de otros investigadores o programas. Debe pensarse también que un

TABLE II. — Pesadas efectuadas para el cálculo de los factores de conversión en distintos ejemplares de *Halimeda tuna* y *Codium vermilara*. HT, muestras de *Halimeda tuna*; CT, muestras de *Codium*. Data of volume and weight used for calculating conversion factors in *Codium vermilara* and *Halimeda tuna*.

Muestra	Volumen (V, cm ³)	Peso fresco (PF, gramos)	Peso seco (PS, gramos)	PF/V	PS/V	PS/PF
HT00	4	4,965	1,105	1,239	0,276	0,223
HT01	9,5	0,640	2,004	1,015	0,211	0,208
HT02	10	10,682	2,041	1,068	0,204	0,191
HT03	5,5	4,609	0,779	0,838	0,142	0,169
HT04	4,5	4,030	0,554	0,869	0,122	0,136
HT05	4,5	3,453	0,551	0,767	0,122	0,159
VARIANZA				0,157	0,056	0,036
CT00	21	19,851	1,380	0,945	0,066	0,070
CT01	16	16,024	1,135	1,001	0,063	10,71
CT02	23	26,015	2,300	1,131	0,100	0,088
CT03	29	28,591	2,483	0,986	0,086	0,087
CT04	17	15,993	1,311	0,941	0,077	0,082
CT05	21	20,252	1,720	0,964	0,082	0,085
CT06	28	26,764	2,131	0,955	0,076	0,080
CT07	7	7,060	0,789	1,009	0,113	0,112
CT08	9	8,194	0,780	0,910	0,087	0,095
CT09	8	9,076	0,925	1,134	0,116	0,103
CT10	5	5,689	0,560	1,138	0,113	0,100
CT11	7	7,907	0,739	1,130	0,106	0,094
VARIANZA				0,084	0,018	0,012

estudio de la variabilidad de los factores mencionados puede tener un cierto interés ecológico, en cuando que es susceptible de reflejar fases de crecimiento, variaciones metabólicas, etc.

Por último, sobre 15 especies, para las cuales se había estimado el contenido en cenizas, se calcularon las correlaciones entre las variables: volumen, peso fresco, peso seco y peso seco sin cenizas (tabla III). Pueden distinguirse claramente dos grupos de variables: las que, de una manera u otra, atenúan la importancia de las cenizas, y, por lo tanto, estiman con más aproximación la materia orgánica, y las que, por el contrario, maximizan la importancia de los carbonatos (caso del peso seco). En datos de biomasa por unidad de superficie de 48 muestras (ROMERO, 1980 y 1981), expresada en unidades de peso fresco, peso seco y materia orgánica, las correlaciones obtenidas exhiben un comportamiento semejante: se presentan valores altos entre las variables peso fresco y materia orgánica, mientras que los valores de peso seco se

TABLE III. — Matriz de correlaciones entre distintas formas de expresar la biomasa, calculadas para 15 especies. Para $n = 15$ y $\alpha = 0,05$ deben considerarse significativos los valores coeficientes iguales o superiores a 0,555. Correlation between different expressions of biomass, using 15 species.

	Volumen	Peso fresco	Peso seco
Peso fresco	0,984	-	-
Peso seco	0,302	0,440	-
Materia orgánica	0,897	0,905	0,483

TABLE IV. — Correlación entre peso fresco, peso seco y materia orgánica de un total de 48 muestras (ROMERO, 1981). Correlation between fresh weight, dry and ash-free dry weight per unit area in 48 samples.

	Peso fresco	Peso seco
Peso seco	0,834	-
Materia orgánica	0,944	0,778

apartan bastante de los anteriores (tabla IV). Esto puede cuestionar hasta cierto punto la validez del empleo del peso seco como unidad de biomasa, especialmente en comunidades ricas en coralináceas u otras algas con elevado contenido en carbonatos, a la vez que plantea el problema de dilucidar el papel de tales carbonatos en la «estrategia» ecológica de las especies, así como de qué forma encajan en el metabolismo energético del alga (si requiere energía su formación o si por el contrario, lo que requiere un cierto control es su no formación; véase la revisión mencionada de BOROWITZKA,

1977), y por ello, cómo deben ser considerados en la entrada general de energía al ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo del programa de Medes, de donde surgió la idea desarrollada en este trabajo, y en particular a M. Zabala, J. M. Gili, I. Olivella y J. D. Ros. También a M.^a L. Romero por la ayuda prestada. Y a los Dres. J. D. Ros, R. Margalef y N. Prat (en orden cronológico) por la lectura, crítica y revisión de distintos borradores de este trabajo.

SUMMARY

RELATIONSHIP BETWEEN VOLUME AND BIOMASS IN SOME SPECIES OF BENTHIC ALGAE, AND ITS USE IN ESTIMATION OF PHYTOBENTHOS STANDING CROP. — In order to estimate the standing crop of benthic algal communities, the thallus volume of some species was measured, and then transformed into biomass units by using conversion factors. The method of estimating these conversion factors is presented. Values ob-

tained ranged between 0.07-1.35 g of dry weight per cm³ of thallus. The high degree of variability found depends mainly on the ash content of the different species.

Three units were used as different expressions for biomass: fresh weight, dry weight and ashfree dry weight. A high correlation is found between fresh weight and ash-free dry weight, while dry weight seems to be very influenced by carbonate content.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, S. E., 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Scientific Publications, Oxford-London-Edinburgh-Melbourne.
- BELLAN-SANTINI, D., 1969. Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux (étude qualitative et quantitative). *Rec. trav. Sta. Mar. Endoume*, 47 (63): 1-294.
- BOROWITZKA, M. A., 1977. Algal calcification. In: *Oceanograf. Mar. Biol. Ann. Rev.* (Harold Barnes Ed.), 15: 189-223.
- CRISP, D. P., 1971. Energy flow measurements. In: *Methods for the study of marine benthos* (HOLME, N. A. & A. D. Mc INTYRE Ed.). IBP Handbook n.º 16. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh, 197-281.
- LÓPEZ, M., 1963. Estudio de la composición química del *Lithothamnium calcareum* ARESCHOUG y su aplicación como corrector de terrenos de cultivo. *Inv. Pesq.*, 23: 53-70.
- NIELL, F. X., 1976. Estudios sobre la estructura, dinámica y producción del fitobentos intermareal (facies rocosa) de la Ría de Vigo. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- PAINE, R. T. & VADAS, R. L., 1969. Calorific values of benthic algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Mar. Biol.*, 4: 79-86.
- ROMERO, J., 1980. Estudio sistemático y ecológico sobre las comunidades de algas bentónicas de las islas Medes (Girona). Tesis de licenciatura. Universidad de Barcelona.
- ROMERO, J., 1981. Biomasa de comunidades de algas bentónicas de las islas Medes (Girona). *Oecol. Aquatica*, 5: 87-94.
- ROS, J. D.; CAMP, J.; OLIVELLA, I. & ZABALA, M., 1976. Comunidades bentónicas de substratos duros del litoral NE español. I. Introducción; antecedentes; material y métodos. *Inm. y ciencia*, 10-11(2): 13-45.
- ROUND, F. E. & HICKMAN, M., 1971. Phyto-benthos sampling and estimation of primary production. In: *Methods for the study of marine*

- benthos* (N. A. HOLME & A. D. Mc INTYRE Ed.). IBP Handbock n.º 16. Blackwell Scientific Publication. Oxford & Edinburgh.
- SALDANHA, L., 1976. *Estudo do povoamento dos horizontes superiores da rocha litoral da costa de Arrábida* (Portugal). Tesis doctoral. Universidad de Lisboa.
- SOEDER, C. J. & TALLING, J. I., 1969. Estimating quantity and quality of biomass; dry weight and ash content. In: *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. (R. VOLLENWEIDER Ed.). IBP Handbook, n.º 12. Blackwell Scientific Publications. Oxford & Edinburgh, pp. 19-20.
- SMAYDA, Th. J., 1978. From phytoplankters to biomass. In: *Phytoplankton manual*. (A. SOURNIA Ed.). Unesco, pp. 273-279.
- VOLLENWEIDER, R. A., 1969. Conversion factor between different criteria. In: *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments* (R. A. VOLLENWEIDER Ed.). IBP Handbook, n.º 12. Blackwell Scientific Publications. Oxford & Edinburgh, pp. 20-21.
- ZABALA, M.; OLIVELLA, I.; GILI, J. M. & ROS, J. D., 1980. Un intento de tipificación metodológica en el estudio del bentos marino accesible en escafandra autónoma. *Com. pres. I Simp. est. bentos marino*. San Sebastián.