

TASAS DE FILTRACIÓN Y RETENCIÓN DE BACTERIAS "IN SITU" DE TRES ESPECIES DE ESPONJAS LITORALES. ESTUDIO PRELIMINAR

J. M. GILI, M. A. BIBILONI & A. MONTSERRAT

Gili, J.M., Bibiloni, M.A. & Montserrat, A., 1984. Tasas de filtración y retención de bacterias "in situ" de tres especies de esponjas litorales. Estudio preliminar. *Misc. Zool.*, 8: 13-21.

Water-pumping activity and bacterial retention rates "in situ", of three species of littoral sponges. Preliminary study. Studies using scuba diving techniques were carried out on specimens of three species of Mediterranean littoral sponges (*Ircinia fasciculata*, *Petrosia ficiformis* and *Agelas oroides*) to determinate "in situ" patterns of water-pumping activity. Activity patterns are variable within species and specimens. This variability depends on the oscular area and the biomass in dry weight.

Samples of ambient water (inhaland) and oscular stream (exhaland) of three sponges were analyzed for bacteria retention rate. The bacterial retention efficiency was between 84% and 99%. Some comments are made on the negative efficiency, particularly when the ambient bacterial concentration is low.

The results of bacteria as food or bacteria retention of sponges studied, is discussed in relation with some factors: bacterial association, water-pumping activity and ecological characteristics of coastal waters. When the ambient bacterial concentration is high, bacteria alone can satisfy the almost entire food requirement of sponges.

(Rebut: 31-I-84)

J.M. Gili, M.A. Bibiloni, A. Montserrat, Dept. de Ecologia, Fac. de Biologia, Univ. de Barcelona, Av. Diagonal 645, 08028 Barcelona, Espanya.

INTRODUCCIÓN

La más alta diversidad de organismos dentro del medio marino se presenta en la zona litoral donde además el potencial de producción es muy elevado. Esto ocurre fundamentalmente en la zona fótica donde los vegetales pueden desarrollarse, donde el aporte de nutrientes del continente es grande y el hidrodinamismo favorece la redisolución del material sedimentado. Estos fenómenos dan lugar a una producción primaria muy elevada (MANN, 1982). Sólo un 10% como máximo de esta producción primaria es consumida directamente por los herbívoros. El resto pasa a la cadena de los detritívoros previa biodescomposición por parte de microorganismos (SIEBURTH, 1976). El conjunto obtenido formará uno de los mayores "stocks" de materia orgánica, tanto particulada como disuelta, suspendida en el mar. Esto entrará en las cadenas alimentarias

marinas como una fuente de alimento primordial, en forma de lluvia de partículas. Para su aprovechamiento evolucionaron una gran variedad de organismos que desarrollaron estrategias filtradoras y detritívoras (PARSONS et al., 1979). Su rentabilidad estratégica y energética es alta, al poder asimilar directamente un alimento disponible en gran cantidad. Dentro de estos organismos se encuentran los filtradores bentónicos, que dependen totalmente del contenido del medio acuático que les rodea.

Una amplia variedad de invertebrados bentónicos filtradores, desarrollaron favorablemente estructuras anatómicas adecuadas, como es el caso del sistema acuífero de las esponjas.

La materia orgánica suspendida en el medio marino, presenta un amplio espectro en cuanto a su composición, forma y tamaño (RILEY, 1970), y en ella se incluyen una gran cantidad de microorganismos como son

las bacterias, tanto libres como asociadas a partículas (SOROKIN, 1971). Estas bacterias forman parte de la dieta de muchos filtradores (JORGENSEN, 1966) entre los que se encuentran las esponjas; pero éstas además podrán asimilar y alimentarse de la fracción más fina de la materia orgánica suspendida que va desde la disuelta hasta partículas de 0.3μ a 50μ de diámetro (REISWIG, 1971b).

La alimentación de las esponjas en estado natural es mal conocida a no ser por los trabajos sobre algunas especies de mares tropicales (REISWIG, 1971a, 1971b, 1974, 1975a). Su alimentación se basa fundamentalmente en la gran cantidad de agua que puede circular por su sistema acuífero y en la capacidad y eficiencia en la retención de partículas de diferentes tamaños y naturaleza (BIBILONI, 1980; BIBILONI et al., 1984). Entre éstas se encuentran las bacterias como una fuente importante de su dieta, pudiendo absorber tanto las formas libres como las asociadas a partículas (REISWIG, 1975a). Por otra parte es notoria la flora bacteriana asociada en los tejidos de muchas especies de esponjas con varios niveles de asociación y simbiosis (VACELET & DONADEY, 1977; WILKINSON, 1978). Esta relación parece estar asociada a la capacidad de absorción de la materia orgánica disuelta por parte de muchas esponjas (VACELET, 1979). Estas diferentes cepas bacterianas se desarrollan dentro de un proceso paralelo al desarrollo del hospedante, y se prevee como muy posible la fagocitosis o la expulsión al exterior del exceso de población bacteriana, por el ósculo (VACELET, 1979).

Los conocimientos sobre la biología y la alimentación de las esponjas en las costas mediterráneas, son más bien escasos. Esto planteó la necesidad de llevar a cabo estudios preliminares de cara a poner a punto una metodología adecuada y a obtener una primera aproximación de la escala de los factores a analizar dentro de un estudio amplio sobre la biología de las esponjas en la zona litoral, donde la capacidad de filtración o de bombeo de agua y la capacidad

de retención de bacterias fueron los primeros factores que se estudiaron. La metodología y los primeros resultados obtenidos son los que se exponen y discuten en este trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares seleccionados se localizaron, entre 5 y 10 metros de profundidad, en los fondos rocosos litorales de las islas Medes (Girona), desde el mes de setiembre de 1981 al mes de agosto de 1982. Las tres especies estudiadas (*Ircinia fasciculata* con 14 ejemplares, *Agelas oroides* con 4 ejemplares y *Petrosia ficiformis* con 3 ejemplares) fueron seleccionadas tanto por su abundancia en la zona, como por presentar ejemplares con un biovolumen medio grande y ósculos bien definidos. Estas presentan en muchas ocasiones ósculos con un diámetro superior a un centímetro, lo cual facilita mucho los estudios "in situ".

Para el cálculo de las tasas de filtración o bombeo de agua, se recogió al mismo tiempo una muestra de agua exhalada por un ósculo y otra ambiente; ésta como representativa del agua inhalada. Esta última se recogió en un frasco de vidrio estéril de unos 250 ml. Para la recogida de agua filtrada por la esponja se utilizó una bolsa de plástico estéril, de aproximadamente un litro de volumen, a la cual estaba conectado un tubo corto de silicona, de un centímetro de diámetro, al final del cual se sitúa una pipeta corta de vidrio de 0.5 cm de diámetro de abertura (ver fig. 1). Con el fin de controlar

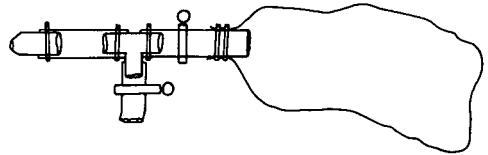


Fig. 1. Esquema del sistema de pipeta y bolsa utilizado para la recogida de la muestra exhalada por el ósculo.

Diagram of the pipette and bag system used for collecting the sample exhaled through the osculum.

la entrada y la salida del agua, el tubo de silicona presenta dos aberturas cerradas por dos pinzas de acero, una en el comienzo de la pipeta que es una salida lateral y otra en la entrada de la bolsa. Para la recogida de las muestras se situó la boca de la pipeta en íntimo contacto con el ósculo y se dejaba circular el agua hacia la abertura lateral para desperdiciar los primeros mililitros durante unos segundos. Después de cerrar la lateral se abría la situada en la entrada de la bolsa para recoger el volumen de agua exhalado durante cinco minutos. En algunas ocasiones se recogieron muestras paralelas de otros ósculos del mismo ejemplar con el fin de observar diferencias de volumen exhalado entre ellos. Estas diferencias fueron escasas y se consideró que el volumen que se recogía por ósculo era suficientemente representativo para el experimento.

El volumen de agua exhalada se calibraba con una bureta después de extraer de forma aséptica dos mililitros de muestra para análisis bacteriológicos. Éstos se hacen en el mismo instante que las muestras correspondientes de ambiente recolectadas muy próximas a la superficie de la esponja. Los ejemplares eran posteriormente recogidos para el cálculo de su biomasa en peso seco, tras mantenerlos durante 48 horas en la estufa a 110°C.

Para cada ejemplar se ha calculado la tasa de filtración como la relación entre el volumen de agua medio filtrado en una hora y la unidad de biomasa en peso seco. Para ello se calculó previamente el área osculífera de cada ejemplar en base al número de ósculos y al diámetro de los mismos. El volumen filtrado obtenido "in situ" proviene de un ósculo concreto y el volumen total estimado por hora y ejemplar se calculó como el producto del volumen por unidad de área por el total del área osculífera y se expresó en cm^3/hora . El cociente entre este valor y la biomasa corresponde al coeficiente de filtración en $\text{cm}^3/\text{hora}/\text{gramo}$.

El análisis bacteriológico consistió en la realización de una serie de diluciones decimales por muestra con Agua Tripterónada

(1 gr. Tripton, 8.5 gr. Cloruro sódico y 1000 ml de agua destilada), y posterior siembra en placas de Petri, con adición de medio de cultivo Agar Nutritivo Marino (GUNKEL & RHEINHEIMER, 1972).

El material de vidrio se esterilizó en seco a 160°C durante dos horas, mientras que el agua tripterónada y el medio de cultivo se esterilizaron a 121°C durante 15 minutos.

De los dos mililitros de muestra inicial, uno se añadió directamente a la primera placa y el segundo a un tubo con 9 ml de agua tripterónada. A partir de este tubo se realizaron cinco diluciones sucesivas y de cada una se extrajo un mililitro para trasvasarlo a la placa respectiva, con medio de cultivo en forma líquida a 45°C. Una vez mezclado y solidificado el medio de cultivo las placas se incubaron a 20-22°C (se ensayaron otras temperaturas con resultados cuantitativos inferiores). Al cabo de 7 a 8 días se enumeraron las colonias esparcidas en las placas. Éstas presentaban un máximo de 300 colonias y un mínimo, que no fue siempre posible observar, de 30 colonias. Aplicando el factor de dilución correspondiente se expresaron los resultados en unidades formadoras de colonias por milímetro de muestra (ver tabla 1). Las tasas de retención se calcularon simplemente en porcentajes.

Hay que mencionar que no todas las muestras pertenecen a la misma estación ni están tomadas en las mismas fechas. Así por ejemplo los cinco primeros ejemplares de *Ircinia* están tomados en estaciones próximas y en la misma fecha. Otro caso son los ejemplares 13 y 14 de la misma especie además de los de *Agelas* 3 y 4, recolectados en estaciones próximas pero distintas a las anteriores y en fecha distinta (ver tabla 1).

RESULTADOS

Los valores obtenidos de las tasas de filtración están expresados en la tabla 2, junto con las características morfológicas de cada ejemplar. Entre los diferentes ejemplares de la misma especie se observa una notoria variabilidad en la tasa de filtración y bombeo

Tabla 1. Concentraciones bacterianas calculadas para las muestras ambiente y las exhaladas, expresadas en unidades formadoras de colonias por mililitro. El signo de la tasa de retención indica si ésta es positiva o negativa (concentración exhalada superior o inferior a la ambiente).

Bacterial concentrations calculated for ambient and exhaled samples, expressed in colony forming unities per milimeter. The sign of the retention rate indicates whether it is positive (higher than ambient) or negative (lower than ambient).

Ejemplar	ambiente (inhaladas)	exhaladas	tasa de retención %	Fecha
<i>Ircinia</i> 1	35	166	- 78.9	Set-81
<i>Ircinia</i> 2	70	104	- 67.3	Set-81
<i>Ircinia</i> 3	25	102	- 75.5	Set-81
<i>Ircinia</i> 4	15	108	- 86.2	Set-81
<i>Ircinia</i> 5	25	142	- 82.4	Set-81
<i>Ircinia</i> 6	3500	400	+ 88.6	Abr-82
<i>Ircinia</i> 7	11400	1820	+ 84.0	Abr-82
<i>Ircinia</i> 8	1200	20	+ 98.3	Abr-82
<i>Ircinia</i> 9	3400	120	+ 96.4	Abr-82
<i>Ircinia</i> 10	460000	1250	+ 99.7	Ago-82
<i>Ircinia</i> 11	460000	1280	+ 99.7	Ago-82
<i>Ircinia</i> 12	8600	200	+ 97.5	Abr-82
<i>Ircinia</i> 13	1120000	12400	+ 98.9	Jun-82
<i>Ircinia</i> 14	1090000	11350	+ 98.9	Jun-82
<i>Agelas</i> 1	400	700	- 42.8	Abr-82
<i>Agelas</i> 2	300	4400	- 93.1	Abr-82
<i>Agelas</i> 3	1000000	7500	+ 99.2	Jun-82
<i>Agelas</i> 4	1020000	6800	+ 99.3	Jun-82
<i>Petrosia</i> 1	300	160	+ 44.6	Abr-82
<i>Petrosia</i> 2	8000	200	+ 97.5	Abr-82
<i>Petrosia</i> 3	12400	310	+ 97.5	Abr-82

de agua, que va en relación no tan sólo a la diferencia en biomasa, si no que más bien es debido al diferente número de ósculos y al diámetro de los mismos. Un parámetro que es menos variable es el volumen de agua exhalante por unidad de tiempo y para ósculos de diámetro muy similar dentro de ejemplares de la misma especie. Tampoco la época del año en que se hizo el muestreo parece influir en las tasas de filtración. Éstas varían de $28.6 \text{ cm}^3 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ en *Ircinia fasciculata*, mientras que las otras dos especies presentan tasas de filtración más altas por término medio (ver tabla 2), pero *Agelas oroides* lo consigue con el desarrollo de una área osculífera grande mientras que *Petrosia ficiformis* es gracias a un volumen de agua muy elevado por unidad de tiempo.

Los recuentos totales de bacterias, expresados en unidades formadoras de colonias por mililitro están expresados en la tabla 1. Es notoria la variabilidad en la concentra-

ción de bacterias en el agua ambiente, que va en relación directa con la época del año en que se hizo el muestreo, observándose las concentraciones más bajas en el mes de Septiembre y las más altas en los meses de junio y agosto.

Aparte de ser muy importante la diferencia entre la concentración de bacterias ambientales (inhaladas) y las exhaladas, estas últimas presentan una variabilidad muy baja sobre todo al compararlas con las ambientales.

La tasa de retención varía del 68 al 99% en las tres especies. Además también se presentan unos pocos casos de eficiencias negativas. Los valores obtenidos tanto de concentraciones bacterianas en el ambiente y exhaladas y los porcentajes de retención se expresan en la tabla 1.

Al comparar la eficiencia de retención de los ejemplares de las tres especies con las tasas de filtración o bombeo (ver fig. 2), se

Tabla 2. Valores de las tasas de filtración y bombeo por cada ejemplar junto con las características anatómicas, volumen de agua filtrado y biomasa de cada ejemplar.

Values of the filtration and pumping rate of each specimen, with its anatomic characteristics, volume of filtered water and biomass.

Ejemplar	nº de ósculos (diámetro, mm)	área osculífera (mm ²)	vol. agua/h por área osc. (cm ³ h ⁻¹)	vol. agua/ mm ² (cm ³)	biomasa peso seco (gr.)	coef. de filtración (cm ³ h ⁻¹ g ⁻¹)
<i>Ircinia</i> 1	6(3)-3(5)-2(10)	258	10897.9	42.19	24.02	457.7
<i>Ircinia</i> 2	6(1)-3(8)	155	8542.8	54.97	9.24	924.5
<i>Ircinia</i> 3	6(3)-2(8)-1(10)	221	10390.2	46.92	25.71	404.1
<i>Ircinia</i> 4	2(1)-1(7)-1(10)	118	2290.8	19.34	18.40	124.5
<i>Ircinia</i> 5	4(2)-1(3)-1(10)	98	3404.8	34.70	36.11	94.1
<i>Ircinia</i> 6	1(10)	78	300.2	3.80	4.90	61.1
<i>Ircinia</i> 7	3(1)-1(4)	14	1054.2	71.22	36.81	28.6
<i>Ircinia</i> 8	7(2)-3(5)-2(12)	508	3561.2	7.01	26.10	136.2
<i>Ircinia</i> 9	16(2)-2(8)	150	4703.8	31.21	13.82	339.3
<i>Ircinia</i> 10	8(3)-4(8)	257	2462.6	9.56	12.71	192.5
<i>Ircinia</i> 11	3(4)-2(10)	77	1925.3	24.71	11.62	165.6
<i>Agelas</i> 2	1(10)-1(18)	332	1696.1	5.09	5.01	337.8
<i>Agelas</i> 3	3(2)-2(8)-1(10)-1(15)	365	3967.3	10.86	9.10	437.9
<i>Agelas</i> 4	4(5)-4(12)	530	4227.9	7.96	26.31	161.8
<i>Petrosia</i> 1	8(3)	56	7497.1	132.69	9.8	758.8
<i>Petrosia</i> 2	1(4)	12	1568.2	125.45	4.2	372.4

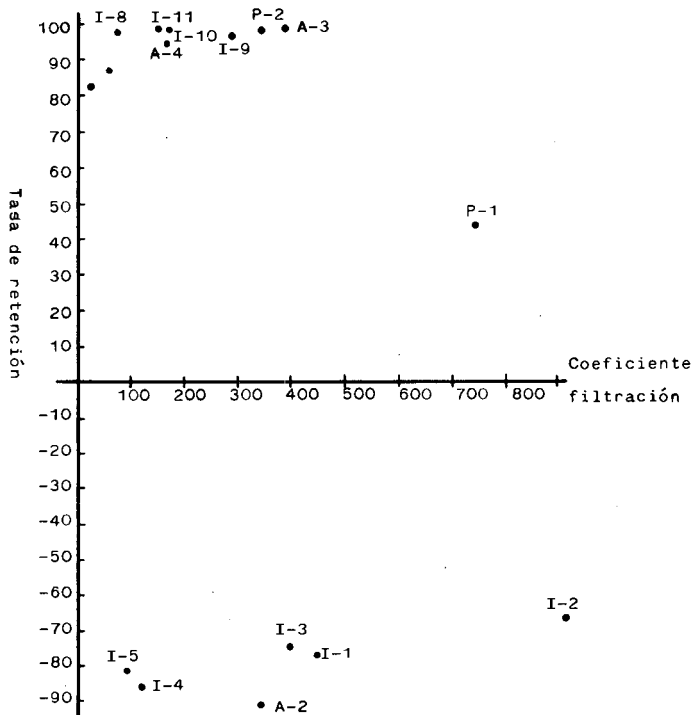


Fig. 2. Gráfica en la que se expresa la relación entre la tasa de filtración o retención de bacterias por la esponja (ordenadas) y el coeficiente de bombeo o filtración de agua por cada ejemplar.

Relationship between the rate of filtration or retention of bacteria by the sponge and the coefficient of pumping or filtration of water.

observa tan sólo una ligera tendencia a que los ejemplares, especialmente de *Ircinia fasciculata* que presentan retenciones negativas en los análisis, presenten bombeos más elevados de agua. Este fenómeno es justificable si se piensa que tendrían que bombear más agua debido a una baja concentración bacteriana en el medio exterior. Qué duda cabe que esta tendencia se tiene que demostrar con mayor número de ejemplares.

DISCUSIÓN

En base a la uniformidad estructural global del sistema acuífero de muchas esponjas, se puede pensar que el volumen de agua que circula por un solo ósculo va en correlación con la que circula en el resto y en la totalidad del volumen del animal. Además, si el flujo sigue un recorrido constante debe existir un equilibrio entre la superficie inhalante y exhalante y por tanto, el volumen de agua que circula por ambas superficies debe ser igual. El complejo sistema de canales y cámaras comporta a nivel macroscópico una gran uniformidad estructural, complejidad justificada por la necesidad de ir reduciendo el flujo de agua hasta llegar a las cámaras de los coanocitos donde el tiempo de residencia del agua tiene que ser mínimo pero suficiente para que sea posible el intercambio de gases y sustancias alimenticias (REISWIG, 1975b). Por lo tanto cabe pensar que será muy ventajoso y rentable para estos organismos el desarrollar estructuras anatómicas capaces del aprovechamiento pasivo de las corrientes dominantes (VOGEL, 1974).

La intensidad y dirección de estas corrientes son factores que pueden interferir en el momento de la selección del sustrato de la esponja joven, pero es más probable que se manifiesten en la conformación anatómica secundaria de las colonias o individuos adultos al presentar una capacidad notoria para modificar su forma anatómica externa, como sería la capacidad de orientación de los ósculos observadas en algunos ejemplares (BIBLONI, 1980).

En general consideramos que el área

osculífera, es una aproximación válida de la capacidad de bombeo de un ejemplar, y un parámetro necesario para la elaboración de una tasa de filtración, en especial en ejemplares donde el número y el tamaño de los ósculos es muy variable.

Como organismos sometidos a un desgaste tanto metabólico como físico, las esponjas presentan fases de discontinuidad temporal en su actividad de bombeo y filtración, fenómeno que se ha observado en algunas especies tropicales (REISWIG, 1974). Estos períodos de relax son debidos al detener su actividad los flagelos de los coanocitos, encargados del bombeo activo dentro del animal (REISWIG, 1971a). Pero estas interrupciones se pueden entender como unas discontinuidades uniformes al haberse observado que están intercaladas entre largos períodos de actividad constante (JØRGENSEN, 1966). Todas estas observaciones contribuyen a suponer que datos puntuales como los aquí presentados serán representativos de la actividad de estos organismos en condiciones normales.

Las bacterias forman parte de la dieta de muchas esponjas. Las tasas de retención encontradas en este trabajo para tres especies mediterráneas son muy similares a las encontradas en otras marinas (REISWIG, 1975a; WILKINSON, 1978) y de agua dulce (RASMONT, 1968). Estos porcentajes no varían tan sólo entre ejemplares y especies si no que entre períodos de actividad de la esponja. Pero de todas formas el factor primordial es la concentración bacteriana ambiente. Esta puede oscilar entre 0 y 180 gr/m² en biomasa en la zona litoral (MORITA, 1977), y una concentración que se considera como normal en la misma zona, se sitúa entre 10⁴ a 10⁵ células por mililitro (SIEBURTH, 1976), que es una concentración no siempre encontrada en nuestros análisis.

Por las concentraciones bacterianas encontradas en la zona de estudio, cabe pensar que las muestras ambiente varían poco en el momento de recolección. Sin embargo, la concentración ambiente está sujeta a cambios importantes en el tiempo, lo que se

explica fácilmente debido al carácter litoral de las islas Medes y éstas influenciadas por los aportes continentales próximos que pueden situar concentraciones muy elevadas de bacterias heterótrofas.

Es muy frecuente que en las tres especies estudiadas y cuando la concentración bacteriana del medio es alta, los porcentajes o tasas de filtración sean elevadas y superiores al 95% y en algunos casos al 99%. Por lo tanto cabe pensar que si existe una filtración activa y constante a través de un sistema anatómico estructuralmente homogéneo, la tasa de filtración debe ser la misma independientemente del número de bacterias o agregados que existan en el medio exterior de la esponja. Las colonias que crecen en las placas con muestras de agua exhalada presentan en bastantes casos, formas y colores diferentes a las que crecen en placas con muestras de agua ambiente (inhalada) lo que induce a suponer que la naturaleza de las bacterias exhaladas tiene poco o nada que ver con las inhaladas.

El hecho que encontremos tasas de retención negativas, concretamente cuando la concentración ambiental se puede considerar baja, se explica en base a algunas características de las poblaciones bacterianas en el agua marina y en el interior de la esponja.

Es muy común el hecho de que las esponjas tengan bacterias simbiotas, incluso especies mediterráneas (VACELET, 1975) y para un control de su población el hospedante puede expulsarlas al exterior, aunque retengan la casi totalidad de las inhaladas, con lo que la concentración de las exhaladas se puede valorar como superior a la exterior cuando ésta es muy baja. Esto hace pensar que incluso cuando la tasa de retención es alta una buena parte de las exhaladas puede tener su origen en el interior de la esponja.

Una segunda explicación se basa en la capacidad de agregación y disgregación de la materia orgánica en el mar. Está ampliamente aceptado que una gran parte de las bacterias marinas viven en agregados (SOROKIN, 1971; WANGERSKY, 1977). Éstos no son más que partículas de materia orgánica en

vías de descomposición por parte de las bacterias que las utilizan tanto de alimento como de sustrato. Otro tipo de agregados los forman las bacterias libres, al aglomerar materia orgánica disuelta o uniéndose por prolongaciones extracelulares (WANGERSKY, 1977) además que otros organismos filtradores pueden contribuir grandemente a esta agregación (POMEROY & DEIBEL, 1980).

Estos agregados en el recuento del sembrado de placas, darán una unidad formadora de colonia, y como es de esperar, una vez cruzado el filtro que representa la esponja, estos agregados se rompen. Aunque la capacidad de retención de la esponja es muy alta, la diferencia puede ser a favor de la muestra exhalada, muy especialmente cuando la concentración del ambiente es baja. Una tercera fuente de error puede ser el sistema en sí del recuento de placas, discutido y analizado por muchos autores (PARSONS et al., 1979). Pero en los trabajos de REISWIG (1975a) donde se utilizó tres tipos de recuentos no se observaron diferencias notables entre recuentos directos (como es bajo el microscopio) y el sembrado de placas. Además, ambos métodos están por el momento aceptados, con las normales reservas, en los estudios de bacteriología marina (SIEBURTH, 1979).

Aunque la capacidad de retención de bacterias es alta, el porcentaje en la dieta alimentaria de las esponjas puede ser baja. En los trabajos de REISWIG (1974) sobre algunas especies tropicales, éste representaba tan sólo un 20% mientras que el porcentaje mayor correspondía a la materia orgánica disuelta. Esto no tiene porque ser igual en todos los mares y océanos; concretamente en las comunidades arrecifales las concentraciones bacterianas son inferiores a las encontradas en otros lugares (SHARP, 1973).

Consideremos, por ejemplo, el caso de un ejemplar de *Ircina fasciculata* con tasas de retención bacteriana del 97 al 99%, que representa una concentración bacteriana de 8.5×10^6 a 4.5×10^8 células l^{-1} . Si la unidad de conversión es $1.1 \mu g$ de materia orgánica por cada 10^7 células l^{-1} (JØRGENSEN,

1966) la retención es del orden de $0.93 \mu\text{g}$ a $49.5 \mu\text{g}$ de materia orgánica l^{-1} de origen bacteriano. Si la eficiencia en consumo de oxígeno es similar a la de otras esponjas litorales que necesitan filtrar 15 litros de agua para absorber un mililitro de oxígeno oxidado (OLÀH & ALLEMAND, 1966), los requerimientos básicos para la supervivencia del animal se sitúan en $53.3 \mu\text{g}$ de materia orgánica por litro (REISWIG, 1975a).

Con ello se observa que si la concentración bacteriana ambiental es alta o se sitúa dentro de las concentraciones normales (MORITA, 1977), la retención bacteriana cubre las necesidades básicas de la esponja, y si no es así la esponja tiene capacidad para absorber o capturar otro tipo de materia orgánica de naturaleza coloidal o de otros organismos (REISWIG, 1974).

La utilización por parte de las esponjas de la fracción más fina del detritus orgánico marino es interesante, no sólo para la competencia alimentaria sino también por el rendimiento de su producción, pues permite reducir el eslabón bacteriano y reducir pérdidas de energía inherentes al paso de un eslabón trófico a otro. Esto lleva a situar a las esponjas en el eslabón trófico de los filtradores detritívoros que les confiere una gran ventaja en medios oligotróficos y arrecifales frente a otros organismos filtradores (BIBILONI, 1980; BIBILONI et al., 1984).

A partir de las muestras de agua exhalada e inhalada recolectadas se plantea la posibilidad, como línea a seguir, de hacer un balance energético de las esponjas en el sistema litoral. Estas muestras, con análisis del contenido y composición de la materia orgánica total que contienen, darían un balance en cuanto se refiere a la alimentación de las esponjas. Es importante relacionarlo con estudios paralelos sobre el crecimiento, respiración y reproducción que pueden completar el balance total. Cabe recordar que este tipo de estudios son casi inexistentes en especies bentónicas marinas mediterráneas.

CONCLUSIONES

— Las tasas de filtración se calcularon en

base a una área osculífera, el flujo de agua circulante por un ósculo y la biomasa total. Ésta varía entre 28.6 a $924.5 \text{ cm}^3 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ y en relación directa al número y diámetro de los ósculos y por tanto de la complejidad del sistema acuífero.

— Se aprecia una leve tendencia a que los ejemplares que filtran o bombean una cantidad mayor de agua, sean los mismos que presentan tasas de retención bacteriana negativa o más baja.

— Las tasas de retención de bacterias se sitúan entre el 68% y el 99%. Éstas dependen poco de la concentración bacteriana exterior y están en relación directa con la eficiencia de retención del animal. Experimentalmente se ve disminuída o resulta negativa en función de una baja concentración ambiental que se valora con el método de recuento por sembrado de plaças. La presencia de agregados de bacterias que luego son desperdigados al pasar por el filtro de la esponja y la expulsión de bacterias simbiotes en el interior de la misma pueden contribuir a que resulte superior la concentración detectada en el agua exhalada cuando la ambiente es baja.

— Con la transformación de la biomasa bacteriana retenida en unidades energéticas, se aprecia que si la concentración ambiente es alta, la asimilación por parte del animal puede cubrir las necesidades energéticas mínimas. Cuando esta concentración ambiental es baja, el animal cubre sus necesidades con la capacidad que tiene de retener material coloidal u otros organismos microscópicos.

— Las esponjas, al filtrar la fracción más fina de la materia orgánica suspendida en el mar, se sitúan entre los filtradores detritívoros, compitiendo con ventaja en el medio bentónico litoral y reduciendo pérdidas entre niveles tróficos en las cadenas alimentarias marinas litorales.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Mikel Zabala por sus comentarios y revisión del presente texto. También al Dr. Jordi Flos y a la Dra. María Jesús Uriz por su ayuda aleccionadora a lo largo del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BIBILONI, M.A., 1980. Estudios bionómicos del litoral de Blanes y sistemática de esponjas, moluscos y otros grupos menores. Tesis de Licenciatura. Universidad de Barcelona.
- BIBILONI, M.A., OLIVELLA, I. & ROS, J., 1984. Les esponges de les illes Medes. In: *Els sistemes naturals de les illes Medes*: 383-405. (J. Ros, I. Olivella & J.M. Gili, Eds.). Arxius de Ciències 74, I.E.C. Barcelona.
- GUNKEL, W. & RHEINHEIMER, G., 1972. II. Analysis of the stock. F. Bacteria. In: *Research methods in Marine Biology* (C. Schlieper, Ed.). Ed. Sidgwick & Jackson. London.
- JØRGENSEN, C.B., 1966. *Biology of suspension feeding*. Ed. Pergamon Press, London.
- MANN, K.H., 1982. *Ecology of Coastal Waters. A Systems Approach*. Studies in Ecology. 8. Ed. Blackwell Scient. Publ. Oxford.
- MORITA, R.Y., 1977. The role of microorganisms in the marine environment. In: *Oceanic sound scattering prediction*: 445-455. (N.R. Anderson & B.J. Zahuranec, Eds.), Plenum Press, New York.
- OLÅH, E.H. & ALLEMAND, B.H., 1966. Métabolisme oxydatif de quelques organismes récoltés en Méditerranée. *Rec. Trav. St. mar. Endoume.*, 41 (57): 3-8.
- PARSONS, T.R., TAKAHASHI, M. & HARGRAVE, B., 1979. *Biological Oceanographic Processes*. Ed. Pergamon Press. Oxford.
- POMEROY, L.R. & DEIBEL, D., 1980. Aggregation of organic matter by pelagic tunicates. *Limnol. Oceanogr.*, 25(4): 643-652.
- RASMONT, R., 1968. Nutrition and Digestion. In: *Chemical Zoology*: 43-51 (M. Florkin & B.T. Scheer, Eds.). Ed. Academic Press. New York.
- REISWIG, H.M., 1971a. In situ pumping activities of tropical Demospongiae. *Biol. Bull.*, 9(1): 38-50.
- 1971b. Particle feeding in natural populations of three marine demosponges. *Biol. Bull.*, 141: 568-591.
- 1974. Water Transport, respiration and energetics of three tropical marine sponges. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 14: 231-249.
- 1975a. Bacteria as food for temperate-water marine sponges. *Can. J. Zool.*, 53: 582-589.
- 1975b. The Aquiferous Systems of Three Marine Demospongiae. *J. Morph.*, 145: 493-502.
- RILEY, G.A., 1970. Particulate organic matter in sea water. *Adv. mar. Biol.*, 8: 1-118.
- SHARP, J.H., 1973. Size classes of organic carbon in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, 18(3): 441-447.
- SIEBURTH, J.M., 1976. Bacterial substrates and productivity in Marine Ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 7: 259-285.
- 1979. *Sea Microbes*. Ed. Oxford University Press. Oxford.
- SOROKIN, Y.I., 1971. Bacterial populations as components of oceanic ecosystems. *Mar. Biol.*, 11: 101-105.
- VACELET, J., 1975. Etude en microscopie électronique de l'association entre bactéries et spongiaires du genre *Verongia* (Dictyoceratida). *J. Microscopie. Biol. Cell.*, 23: 271-288.
- 1979. La place des spongiaires dans les systèmes trophiques marins. *Coll. Internat. C.N.R.S.* 291 – *Biologie des spongiaires*: 259-270.
- VACELET, J. & DONADEY, C., 1977. Electron microscope study of the association between some sponges and bacteria. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 30: 301-314.
- VOGEL, S., 1974. Current-induced flow through the sponge *Halichondria*. *Biol. Bull.*, 147: 443-456.
- WANGERSKY, P.J., 1977. The role of particulate matter in the productivity of surface waters. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 28: 51-65.
- WILKINSON, C.R., 1978. Microbial Associations in sponges. I. Ecology, physiology and microbial populations of coral reef sponges. *Mar. Biol.*, 49: 161-167.

El presente trabajo, ha sido financiado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.