ESTUDIO COMPARADO DE LA BIOCONCENTRACION METALICA EN CINCO ESPECIES DE BRIOFITOS ACUATICOS

J. López y A. Carballeira

Area de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, 15071 Santiago de Compostela, España.

Palabras clave: briófitos acuáticos, bioacumulación metálica, sustratos geológicos, niveles de fondo.

ABSTRACT

We studied metal concentration in the aquatic bryophytes: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Fissidens polyphyllus* Wils., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. and *Scapania undulata* (L.) Dum. Samples were collected from 177 sites in 33 rivers in Galicia. *S. undulata* showed the highest accumulation ability for the whole metals, whereas *F. polyphyllus* showed the lowest one. *F. antipyretica* and *R. riparioides* showed an intermediate accumulation ability and the greatest fluctuation in the corporal concentrations. The latter species are more useful as bioindicators than the other sampled species, because of their wide distribution, abundance and greatest resistance to pollution. On the other hand, the liverwort *S. undulata*, which is the most sensible of all the studied species, is a better indicator in low polluted areas, due to its greater accumulation ability.

Backgrounds were calculated for each species in the unpolluted sampling stations. They were independent of the type of substratum (slates, basic rocks, schists and granites), except for some metal in *S. undulata* and *F. polyphyllus*, in spite of the significant differences founded for pH and Ca.

INTRODUCCION

Los briófitos acuáticos son organismos que poseen una gran capacidad para acumular metales pesados (Say y Whitton, 1983; Weher y Whitton, 1983; Mouvet, 1984; Mouvet et al., 1986), además estos organismos reflejan mejor la contaminación metálica y tienen una mayor capacidad de acumulación que los sedimentos (Weher et al., 1981; Andre y Lascombe, 1987; Mouvet et al., 1987) o que las fanerógamas (Dietz, 1973); sobre éstas presentan la ventaja adicional de no poseer raíces ni sistema vascular, lo que les da una cierta independiencia del sustrato, al no haber transferencias internas, y por tanto la capacidad de reflejar mejor la calidad del agua (Smith, 1978; Thomas, 1979). Sin embargo no está claro si las diferencias morfológicas, metabólicas, fisiológicas o genéticas que existen entre las distintas especies influyen de una forma relevante en el equilibrio metálico musgo-agua, en condiciones naturales o frente a distintos tipos y grados de contaminación. Los trabajos realizados por Harding et al. (1981) y Kelly y Whitton (1989), sugieren que dichas diferencias pudieran existir, al menos para el Zn, Cd ó Pb. Este tipo de información es importante para seleccionar las especies más útiles para la monitorización de la contaminación metálica (Whitton et al., 1981).

Quizás la mejor forma de expresar los resultados de la monitorización de la contaminación metálica con organismos sea através de un factor de multiplicación respecto a niveles de fondo (Factores de Contaminación). La precisión de estos factores dependen en gran parte de la correcta definición de los niveles de fondo para cada una de las especies utilizadas (Empain, 1988; López et al., 1990).

El presente estudio se basa en la comparación de la concentración metálica entre cinco especies de briófitos acuáticos sometidos a distintos tipos y grados de contaminación metálica.

También se determinan los niveles de fondo para cada una de las especies estudiadas, a partir de las estaciones libres de contaminación, siguiendo la metodología propuesta por López et al. (1990) para *F. antipyretica*, así como la influencia de cuatro tipos de sustratos geológicos en dichos niveles.

MATERIAL Y METODOS

La recolección de las muestras se efectuó en 177 estaciones de muestreo distribuidas por las cuencas de 33 ríos de Galicia (Fig. 1). Para el análisis de la concentración metálica se tomaron muestras, siempre que estuvieron presentes, de las siguientes especies de briófitos: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Fissidens polyphyllus* Wils., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. y *Scapania undulata* (L.) Dum. Los briófitos se recogieron en zonas de aguas rápidas a una profundidad por debajo del nivel de estiage.

Las muestras de briófitos se lavaron exhaustivamente con agua del mismo río con el objeto de eliminar las partículas adheridas. Se transportaron al laboratorio en nevera a $5\pm 2^\circ\text{C}$ en donde se separaron los dos centímetros apicales de la planta hasta obtener alrededor de 10 g. de peso fresco de material. Los ápices fueron sometidos a un lavado minucioso con agua desionizada en continuo durante una hora y a temperatura ambiente ($20\pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente se secaron en estufa de aire forzado a 45°C hasta peso constante. La digestión de la materia orgánica y la extracción metálica se realizó con ácido nítrico (10 ml) de calidad supra-pur sobre una muestra en polvo (250 y 300 mg.p.s.). Las muestras se atacaron en bombas de teflón con válvula de expansión y en horno de microondas (predigestión durante 30 min. a presión atmosférica; 2' 30" a 750 W. y 20' a 300 W., se enfría, se libera la presión y se repite todo el ciclo de nuevo). El extracto fue diluido hasta 50 ml con agua desionizada calidad supra y posteriormente purificado mediante filtración. La determinación de la concentración metálica se realizó sobre el extracto así preparado mediante espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer 2100). Los metales analizados fueron: Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Ni, Co, Mn y Fe. Como control de todo el proceso, desde la extracción a la determinación, se utilizaron muestras de referencia certificada (BCR - 61).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 2 recoge la estadística elemental de las concentraciones metálicas corporales en los dos cm apicales de las especies estudiadas. En general *F. antipyretica* y *R. riparioides* presentaron la mayor variación en su contenido metálico, mientras que los rangos más estrechos variaron de una especie a otra dependiendo del metal analizado. Por otro lado si observamos la acumulación media interespecífica (relación entre la concentración de un metal en una especie y la concentración media de ese metal en todas las especies para las estaciones comunes y expresada en %) (Fig. 3), *S. undulata* resulta ser la especie con mayor capacidad acumuladora, seguida de *F. antipyretica* y *R. riparioides*. La amplia distribución geográfica y la mayor resistencia a la contaminación de estas dos últimas especies (López y Carballeira, 1990), les confieren una capacidad de indicación superior frente al resto de las especies muestreadas, al poder éstas explorar un rango mucho más amplio de condiciones ambientales. De esta forma el uso de *S. undulata*, por su capacidad de resolución, queda restringido a zonas de baja contaminación.

Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo.

Figura 2. Variabilidad de las concentraciones metálicas en los ápices de los briófitos acuáticos. Las cajas representan el mínimo, el cuartil inferior y superior y el valor máximo.

Figura 3. Comparación interespecífica de la acumulación media en los briófitos acuáticos.

- Valores de referencia para Galicia.

Los valores de referencia fueron extraídos de aquellas estaciones de muestreo que arrojaban nulos o imperceptibles niveles de contaminación. Estas se seleccionaron en base a la manifestación o no de estrés pigmentario, medido en función del índice D665/D665a (Lopez y Carballeira, 1990). En total se separaron 130 estaciones. La posible influencia de la litología sobre los niveles de fondo nos llevó a realizar una división de dichas estaciones en las siguientes zonas geológicas: Rocas Básicas (19), Granitos (37), Esquistos (40) y Pizarras (34). El análisis de los datos mostró una clara uniformidad de los niveles de fondo entre los distintos sustratos. Sólo se encontraron diferencias significativas para el Zn, Cu, Cr, Cd, Fe y Mn en *S. undulata* y *F. polyphyllus* y del Ni en *S. undulata* entre rocas básicas y el resto de las rocas.

A la vista de los resultados (Tabla 1) se pudieron establecer unos niveles de fondo generales en los ríos de Galicia, independientemente de los sustratos geológicos, para cada una de las especies estudiadas, excepto para *S. undulata* y *F. polyphyllus*, debido a que la diferencia entre los mismos no supone un cambio significativamente importante en el cálculo de los Factores de Contaminación.

Para no ser muy exigentes en las posteriores evaluaciones de los niveles de contaminación, los niveles de fondo se obtuvieron a partir del tercer cuartil del conjunto de las estaciones de muestreo libres de contaminación para los metales: Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Cr y Co y del primer cuartil para los metales: Fe y Mn. El valor del tercer cuartil en estos dos metales es excesivamente elevado debido probablemente a la formación de óxidos de Mn y Fe alrededor de los tallos de la planta (Weher et al., 1983), provocando la sobrestimación de los mismos.

Tabla 1. Valores de referencia (ppm) en los briófitos acuáticos para los ríos de Galicia.

Especie	Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Cr	Co	Fe	Mn
<i>F. antipyretica</i>	15	180	2	30	15	3	60	2500	2000
<i>R. riparioides</i>	17	230	2	25	18	4	65	4000	2500
<i>B. rivulare</i>	16	200	2	20	12	3	40	2500	3000
<i>S. undulata</i> (1)	16	200	2	34	16	4	65	4000	2500
(2)	23	550	10	125		6		6000	7000
	**	**	*	*		*		*	*
<i>F. polyphyllus</i> (1)	10	110	2	24	16	3	70	3000	1000
(2)	24	690	12					4500	3500
	***	*	***					*	***
Valor medio	15	184	2	27	15	3	60	3200	
2200									

(1): Pizarras, Esquistos y Granitos; (2): Rocas Básicas; Nivel de significación de las diferencias entre (1) y (2): * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Si comparamos estos valores de referencia obtenidos con los estándar obtenidos por Mouvet et al. (1986) y Andre y Lascombe (1987) observamos que:

- Son similares para el Zn, Cr, Cd y Fe con tendencias a bajar o subir dependiendo de la fuente consultada y la especie estudiada.
- Para el Ni y Mn los valores de referencia estándar son ligeramente inferiores (más exigentes).
- Los valores de referencia estándar son superiores para el Cu y Pb (menos exigentes).

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias al Dr. F. Macias por su valiosa ayuda a la hora de separar las estaciones de muestreo en las distintas zonas geológicas.

BIBLIOGRAFIA

- André, B. y C. Lascombe. 1987. Comparaison de deux traceurs de la pollution métallique des cours d'eau les sédiments et les bryophytes. *Sciences de l'eau* 6: 225-247.
- Dietz, F. 1973. The enrichment of heavy metals in submerged plants. -En: Jenkins, S. M. (ed.), *Advances in water Pollution Research*. Proc. 6th Annu. Conf. Pergamon, Oxford, pp. 53-62.
- Empain, A. 1988. A posteriori detection of heavy-metal pollution of aquatic habitats. -En: Glime, J. M. (ed.), *Methods in bryology*. Proc. Bryol. Meth. Workshop, Mainz: 213-220.
- Harding, J. P. C., I. G. Burrows y B. A. Whitton. 1981. Heavy metals in the derwent reservoir catchment, Northern England. -En: Say, P. J. y B. A. Whitton (eds.), *Heavy Metals in Northern England: Environmental and Biological Aspects*, Durham: 73-86.
- Kelly, M. G. y B. A. Whitton. 1989. Interspecific differences in Zn, Cd and Pb accumulation by freshwater algae and bryophytes. *Hydrobiologia* 175: 1-11.
- López, J. y A. Carballeira. 1990 A comparative study of pigment contents and response to stress in five species of aquatic bryophytes. *Lindbergia* 15: 188-194.
- López, J., A. Carballeira, B. Barreiro y C. Real. 1990 Dependence of background heavy metals content of *Fontinalis antipyretica* Hedw. on geology in the rivers of Galicia (N.W. Spain). -En: Barcelo, J. *Environmental contamination*, 4th International Conference, Barcelona: 638-640.
- Mouvet, C. 1984. Metaux lourds et mousses aquatiques. Speciation physico-chimique, bioaccumulation et toxicité. Ph. D. thesis, Univ. Liege, Belgium.
- Mouvet, C., B. André y C. Lascombe. 1987. Aquatic mosses for the monitoring of heavy metals in running freshwaters comparison with sediments. *International Conference Heavy Metals in the Environment* 2: 424-429.
- Mouvet, C., P. Cordebar y B. Gallissot. 1986. Evaluation de rejets de micropolluants minéraux (métaux lourds) et organiques (organochlorés) par dosages dans les mousses aquatiques. *XIX Journées de l'Hydraulique Paris*: III.5.1-III.5.8.
- Say, P. J. y B. A. Whitton. 1983. Accumulation of heavy metals by aquatic mosses. 1: *Fontinalis antipyretica* Hedw. *Hydrobiologia* 100: 245-260.
- Smith, A. J. E. 1978. *The moss flora of Britain and Ireland*. -Cambridge University Press, Cambridge.
- Thomas, W. 1979. Monitoring organic and inorganic trace substances by epiphytic mosses. A regional pattern of air pollution. *Trace substances in environmental Health*. 13: 285-289.
- Wehr, J. D. y B. A. Whitton. 1983. Accumulation of heavy metals by aquatic mosses. 2: *Rhynchostegium riparioides*. *Hydrobiologia* 100: 261-284.
- Wehr, J. D., A. Empain, C. Mouvet, P. J. Say y B. A. Whitton. 1983. Methods for processing aquatic mosses used as monitors of heavy metals. *Water Res.* 17: 985-992.
- Wehr, J. D., P. J. Say y B. A. Whitton. 1981. Heavy metals in an industrial polluted river, the Team. -En: Say, P. J. y B. A. Whitton (eds.), *Heavy metals in Northern England: environmental and biological aspects*, Durham: 99-107.
- Whitton, B. A., N. L. Gale y B. A. Wixson. 1981. Chemistry and plant ecology of zinc-rich wastes dominated by blue-green algae. *Hydrobiologia* 83: 331-341.