

Calidad de las aguas y contaminación metálica en el río Louro (SW Galicia) analizada a través de briófitos acuáticos

J. LÓPEZ*, X.L. OTERO** & A. CARBALLEIRA***

* *Area de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo. 36200 Vigo*

** *Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela. 15706 Santiago de Compostela*

*** *Area de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela 15706 Santiago de Compostela*

(Recibido, agosto de 1995. Aceptado, noviembre de 1995)

Resumen

LÓPEZ, J., OTERO, X.L. & CARBALLEIRA, A. (1996). Calidad de las aguas y contaminación metálica en el río Louro (SW Galicia) analizada a través de briófitos acuáticos. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 83-90

En este trabajo se determina la calidad de las aguas del río Louro a través de las respuestas biológicas de varias especies de briófitos acuáticos. Las especies estudiadas fueron: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Fissidens polyphyllus* Wils., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. y *Scapania undulata* (L.) Dum. El estrés fisiológico derivado de la presencia de poluctantes fue determinada en base al índice pigmentario D665/D665a (absorbancia a 665 nm/absorbancia a 665 nm después de acidificar el extracto pigmentario con 30µl de HCl 1N). La contaminación por metales pesados fue evaluada a partir del contenido metálico en los tejidos de los briófitos acuáticos. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto dos situaciones claramente diferenciadas. La primera de ellas corresponde al espacio comprendido entre el nacimiento del río y la población de Porriño. En este tramo las aguas presentan una calidad óptima. Por el contrario, después de la población de Porriño las aguas presentan una calidad pésima como consecuencia de los numerosos vertidos que el río Louro recibe.

Palabras clave: Calidad de aguas, contaminación, bioindicadores, briófitos, metales pesados, Galicia, NW España.

Abstract

LÓPEZ, J., OTERO, X.L. & CARBALLEIRA, A. (1996). Water quality and metal contamination in the Louro river (SW Galicia) analyzed in aquatic bryophytes. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 83-90

Water quality of the Louro river (Galicia, NW Spain) was characterised according to the biological response of some aquatic bryophytes (*Fontinalis antipyretica* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Fissidens polyphyllus* Wils., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. y *Scapania undulata* (L.) Dum. Plant stress caused by the presence of pollutants was determined according to the D665/D665a ratio. The results obtained reflect the existence of two different situations along the Louro course. In the upper part, from its origin to the Porriño village, water quality is optimum while downstream from Porriño water has a very poor quality, as a result of the large number of wastes disposals into the river. On the other hand, heavy metal accumulation was also determined

in this bryophytes. The results reflect that in the water from Louro river there are not contamination with heavy metals.

Key words: Water quality, pollution, bioindicators, bryophytes, heavy metals, Galicia, NW Spain.

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de los medios acuáticos para la eliminación de residuos generados por la actividad humana, provoca cambios substanciales en las características naturales del agua. Cuando se produce una contaminación del medio, los organismos reaccionan amortiguando la perturbación valiéndose de mecanismos homeostáticos de control. Cuando la concentración de los contaminantes es demasiado elevada, estos mecanismos se ven desbordados y se produce la acción tóxica, lo que conduce al estrés (agudo o crónico) o la desaparición de la especie.

La toxicidad, en un contexto ecológico, se refiere a los efectos producidos por sustancias que reducen la viabilidad de una población y/o alteran las interacciones entre poblaciones.

El interés creciente sobre la utilización de bioindicadores de la calidad de un medio radica en el hecho de que el efecto de un contaminante depende no sólo de la concentración y toxicidad «per se» sino también de su biodisponibilidad y/o de su actividad biológica. Esta biodisponibilidad está condicionada para cada especie por numerosos parámetros físico-químicos, fenómenos sinérgicos, antagónicos que a su vez son dependientes del estado biológico (fisiología, talla, edad, nivel nutricional,...). Por ello, la determinación del enriquecimiento de un determinado elemento en el agua no es suficiente para obtener un análisis significativo del grado de perturbación biológica que se origina en el medio fluvial.

La utilización de un organismo como bioindicador supone el cumplimiento de una serie de requisitos establecidos por PHILLIPS (1980): a) Poseer amplia distribución ecológica y geográfica; b) ser comunes, accesibles y relativamente estáticos; c) estar disponibles todo el año; d) tener una relativa tolerancia a la contami-

nación; e) ser un buen acumulador de metales pesados u otros compuestos contaminantes, sus concentraciones corporales han de reflejar las diferencias de biodisponibilidad de dichos agentes contaminantes. Los briófitos acuáticos se adaptan a los anteriores requisitos y por ello han sido usados con anterioridad por un amplio número de investigadores en diferentes partes del mundo en la última década (p. ej. WEHR & WHITTON, 1983 a,b; MOUVET, 1984 a,b; MOUVET *et al.*, 1986; KELLY *et al.*, 1987). En España, destacan los trabajos realizados por (PEÑUELAS, 1984; LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1991; LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1993).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La cuenca del río Louro se encuentra situada en el Suroeste de la provincia de Pontevedra, ocupando una extensión de 156 km². Su marcada orientación Norte-Sur es resultado de la acción de la Fractura Meridiana que recorre Galicia en esta misma dirección. El sustrato geológico está constituido por rocas ígneas (granitos y granodioritas) y metamórficas (neises de biotita, riebeckita, paraneises). En la mitad sur de la cuenca estos materiales sufrieron una fuerte alteración como consecuencia de procesos hidrotermales ligados a la Fractura Meridiana, dando origen a una gruesa capa arcillosa. En este área, como resultado de un sustrato arcilloso impermeable y un relieve llano, las aguas superficiales discurren de manera difusa, sin cauces bien definidos, dando lugar a lagunas y turberas de reconocido valor ornítico y botánico.

Las condiciones climáticas han sido definidas según la clasificación de Allué (ALLUÉ, 1966)

como Atlántica europea para las partes altas de la cuenca y mitad norte del valle y Mediterránea subhúmeda con tendencia atlántica para la mitad sur del valle (CARBALLEIRA *et al.*, 1982).

Las condiciones hidrológicas del río Louro ponen de manifiesto una alta irregularidad tanto para los caudales mensuales como para las aportaciones anuales (OTERO, 1993). La calidad de las aguas fluviales se encuentra fuertemente modificada por la actividad humana que ha alterado notablemente tanto su composición química como microbiológica (OTERO & MACÍAS, 1992; OTERO, 1993). Los principales puntos de contaminación son los vertidos de las aguas fecales e industriales procedentes de las poblaciones de Mos, Porriño y Polígono Industrial «As Gándaras» (OTERO & MACÍAS, 1992; OTERO, 1993).

Muestreo y parámetros determinados

La evaluación de la calidad de las aguas del río Louro se realizó en base a los briófitos procedentes de 12 puntos de muestreo, distribuidos a lo largo del cauce principal del río Louro y principales afluentes (Fig. 1). El muestreo se llevó a cabo en el periodo estival del año 1990, momento en el que se produce una marcada disminución del caudal y la concentración de contaminantes resulta más crítica (OTERO, 1993).

La evaluación de la calidad de las aguas se llevó a cabo en función del análisis pigmentario de las siguientes especies de briófitos: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Fissidens polyphyllus* Wils., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. y *SCAPANIA UNDULATA* (L.) Dum. Para la determinación de la contaminación metálica se utilizaron las especies: *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Card. y *Scapania undulata* (L.) Dum.

Análisis pigmentario

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en frío ($4 \pm 2^\circ\text{C}$), donde en menos de 24

horas fueron lavadas y extraídos los pigmentos de los extremos apicales (2-3 cm). La extracción se realizó con acetona al 90% durante una hora en oscuridad a $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. A partir de los extractos obtenidos, previa filtración y lectura de absorbancias espectrofotométricas, (Milton Roy Spectronic 3000 Array) fue calculado el índice pigmentario D665/D665a (absorbancia a 665 nm/absorbancia a 665 nm después de añadir a 3 ml de extracto de pigmento 30 μl de HCl 1N).

La caracterización de la calidad de las aguas a través de respuestas pigmentarias se realizó en base al método propuesto por LÓPEZ & CARBALLEIRA (1991), elaborado a partir de resultados obtenidos de briófitos procedentes de diferentes ríos de Galicia. Estos autores proponen la utilización del índice D665/D665a, para caracterizar la calidad del agua, por resultar independiente de los errores de extracción, no necesita ecuaciones predictivas generales de pigmentos y presenta estrechas correlaciones entre las distintas especies. En la Tabla I se presentan las diferentes clases de calidad establecidas en base a este índice. Los límites de las clases según el índice D665/D665a en las distintas especies fue calculado por regresión respecto a la especie *F. antipyretica* Hedw. (LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1991).

Concentración metálica

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 $4 \pm 2^\circ\text{C}$, en donde se separaron los dos primeros centímetros apicales hasta un peso fresco de material próximo a 10 g. Los ápices fueron sometidos a un lavado minucioso con agua desionizada en continuo durante dos horas y a temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente se secaron en estufa de aire a 45°C hasta peso constante. Después de secos fueron pulverizados en un molino de ágata.

La digestión de la materia orgánica y la extracción metálica se realizó con ácido nítrico (10 ml) de calidad supra-pur sobre una muestra

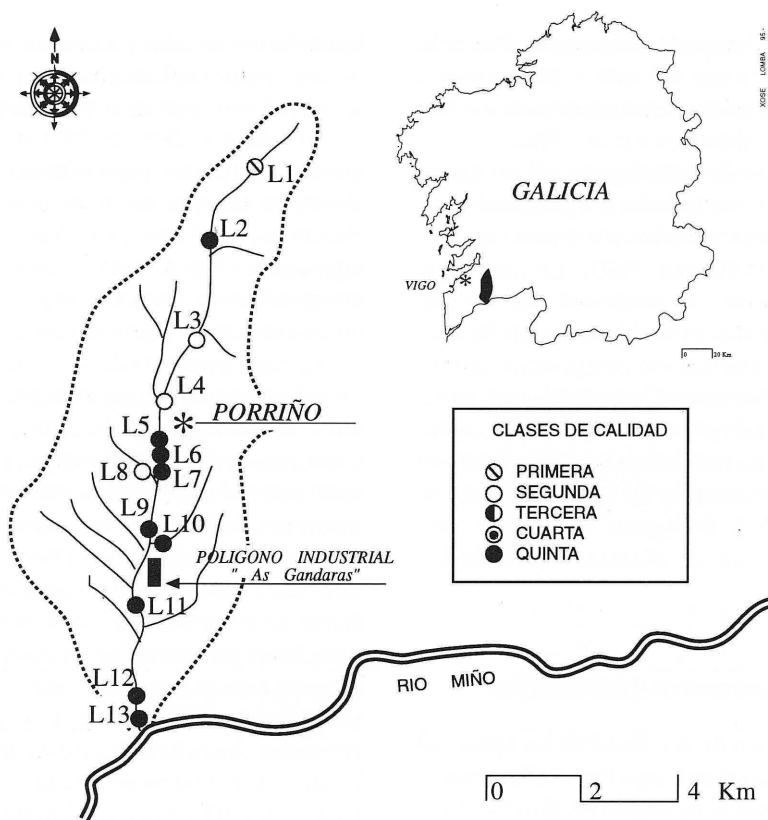


Fig. 1. Localización del área de estudio, estaciones de muestreo (L1-L13) y clases de calidad global obtenidas para cada estación.

TABLA I. Clases de calidad según valores del índice D665a para briófitos acuáticos en ríos de Galicia (LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1991)

Especie	Quinta	Cuarta	Tercera	Segunda	Primera
<i>F. antipyretica</i>	Ausencia	≤ 1.55	> 1.55 ≤ 1.60	< 1.60 ≤ 1.65	> 1.65
<i>R. riparioides</i>	Ausencia	≤ 1.56	> 1.56 ≤ 1.61	< 1.61 ≤ 1.66	> 1.66
<i>S. undalata</i>	Ausencia	Ausencia	> 1.58 ≤ 1.62	< 1.62 ≤ 1.67	> 1.67
<i>F. polyphyllus</i>	Ausencia	≤ 1.57	> 1.57 ≤ 1.62	< 1.62 ≤ 1.66	> 1.66
<i>B. rivulare</i>	Ausencia	≤ 1.54	> 1.54 ≤ 1.59	< 1.59 ≤ 1.67	> 1.67

en polvo entre 250 y 300 mg.p.s. Las muestras con ácido se trataron en bombas de teflón con válvula de expansión y en horno de microondas. El tratamiento consistió en una 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 una vez más (LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1993).

El extracto fue diluido hasta 50 ml con agua desionizada calidad supra y posteriormente purificado mediante filtración (filtros de membrana de teflón de 0,45 µM HVLP 025 Millipore).

La determinación de la concentración metálica se realizó sobre el extracto así preparado mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama (Perkin Elmer 2100). Los metales

analizados y sus límites de detección ($\mu\text{g g}^{-1}$) fueron: Cd y Cr (0.008), Cu, Co, Fe, Ni, Mn y Zn (0.01) y Pb (0.02). Como control de todo el proceso, desde la extracción a la determinación, se utilizaron blancos (agua desionizada calidad supra) y muestras de referencia certificadas (BCR N° 61: *Rhynchosstegium riparioides*). La recuperación fue muy alta (> 95%) para Cu, Ni, Pb y Zn y alta (> 90%) para Fe, Mn. Para Cr y Cd no se dispuso de valores de referencia certificado.

A partir de los niveles de referencia obtenidos para los ríos gallegos (Tabla II) por LÓPEZ & CARBALLEIRA (1991) se determina el Factor de Contaminación (Concentración corporal/Nivel de Fondo) para cada metal y estación de muestreo.

TABLA II. Valores de referencia ($\mu\text{g g}^{-1}$) en los briófitos acuáticos para los ríos de Galicia (LÓPEZ & CARBALLEIRA, 1991)

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>S. undulata</i>	16	200	2	34	16	4	65	4000	2500
Valor medio	15	184	2	27	15	3	60	3200	2200

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clases de calidad de las estaciones de muestreo

La Tabla III muestra la clasificación parcial de la calidad de las aguas para cada una de las estaciones muestreadas en función de cada una de las especies de briófitos. La Fig. 1 presenta la clasificación global para el conjunto de las especies. Las mejores situaciones de calidad de aguas del río Louro se corresponden con las estaciones L1, L3, L4, y L8 que pertenecen a la primera y segunda clase, correspondiéndoles una calidad de agua que oscila entre muy buena y buena.

En los restantes puntos no se detectó la presencia de ninguna de las especies de briófitos utilizados en el presente estudio. Por este motivo, todas las estaciones se situaron en la quinta

clase, que corresponde a aguas de muy mala calidad donde el desarrollo de la vida acuática presenta serias dificultades.

Estos resultados coinciden en gran medida con los obtenidos por OTERO & MACÍAS (1992) en un estudio estacional de la calidad de las aguas en base a parámetros físico-químicos, salvo para la estación L2. Estos autores encuentran en este punto de muestreo indicios de contaminación, pero ésta resulta similar a la existente aguas abajo (puntos L3 y L4 de este estudio) y no supone limitación para la vida de especies tan sensibles a la contaminación como los salmónidos. Por otra parte, para este mismo punto, ARMITAGE *et al.* (1990), utilizando índices bióticos basados en macroinvertebrados bentónicos, encuentran para los meses estivales situaciones críticas propias de aguas muy conta-

TABLA III. Clasificación de las estaciones de muestreo en función de las especies presentes

Estación	<i>F. antipyretica</i>	<i>R. riparioides</i>	<i>S. undulata</i>
L1	Primera	Primera	Segunda
L2	Quinta	Quinta	Quinta
L3	Segunda	Quinta	Quinta
L4	Segunda	Quinta	Quinta
L5	Quinta	Quinta	Quinta
L6	Quinta	Quinta	Quinta
L7	Quinta	Quinta	Quinta
L8	Segunda	Quinta	Quinta
L9	Quinta	Quinta	Quinta
L10	Quinta	Quinta	Quinta
L11	Quinta	Quinta	Quinta
L12	Quinta	Quinta	Quinta
L13	Quinta	Quinta	Quinta

minadas. La situación mejora notablemente en los meses de otoño e invierno con la llegada de las crecidas según estos mismos autores.

Bioidicación metálica

Los resultados obtenidos para la concentración metálica en las especies de briófitos consideradas se presentan en la Tabla IV. El Factor de Contaminación resulta en la casi totalidad de los casos menor de 2 (Tabla V). Según el sistema de clasificación para Factores de Contaminación establecido por MOUVET (1985) (Tabla VI), estos resultados se corresponden con una situación normal. Únicamente la estación L3 presenta una situación sospechosa para el Fe. Estos resultados coinciden con los obtenidos por la Confederación Hidrográfica del Norte de España, donde en un registro de datos sobre la calidad de las aguas de este río, que comprende desde 1972 a 1989, en ningún momento encuentran niveles de metales que superen los niveles legales. OTERO & MACÍAS (1992) en un muestreo realizado en 1990, durante los meses de noviembre, diciembre y enero, tampoco encuentran niveles de toxicidad para los metales analizados (Fe, Cu, Zn y Pb).

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la calidad de las aguas, el río Louro presenta dos situaciones claramente diferenciadas. La primera de ellas corresponde al espacio comprendido entre el nacimiento del río y la localidad de Porriño. En este tramo las aguas presentan una calidad óptima (primera y segunda categoría). Únicamente el punto L2 presentarían ciertos problemas de contaminación temporal.

En el segundo tramo, comprendido entre Porriño y la desembocadura, la calidad de las aguas resulta pésima como consecuencia de los múltiples vertidos que el Louro recibe (aguas fecales de los municipios de Porriño, Mos e industrias instaladas en el Polígono Industrial «As Gándaras», etc.). La alta concentración de polucantes imposibilita el desarrollo de las especies de briófitos consideradas en el presente estudio.

Los resultados obtenidos para la contaminación metálica, en las estaciones con presencia de briófitos, dan una situación normal para la casi totalidad de las estaciones. Tan sólo el Fe, para el punto L3, presenta una situación sospechosa, siendo este resultado de poca importancia debido a la baja toxicidad de este elemento.

TABLA IV. Concentración de metales pesados ($\mu\text{g g}^{-1}$) en los 2 cm apicales de los briófitos acuáticos en las distintas estaciones de muestreo del río Louro

Estación	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Co	Fe	Mn
<i>F. antipyretica</i>									
L1	38	14.2	9.9	2.3	6.6	nd	18.2	1821	1209
L3	210	27.0	9.9	2.3	18.2	nd	23.2	9619	4884
L4	167	15.2	8.3	2.3	6.6	2.0	11.6	1142	3278
L8	108	21.4	14.9	4.1	5.0	0.8	21.5	2450	6755
<i>R. riparioides</i>									
L1	81	15.7	9.9	4.0	18.2	nd	19.9	2781	1093
<i>S. undulata</i>									
L1	56	10.8	11.6	2.8	6.6	1.2	13.2	3361	800

nd: no detectado.

TABLA V. Factores de acumulación en los briófitos del río Louro

Estación	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Co	Fe	Mn
L1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
L3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 2
L4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
L8	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

TABLA VI. Sistema de clasificación para los Factores de Contaminación propuesto por MOUVET (1985)

Clase	F. Contaminación	Interpretación
MO	< 2	Situación normal
M1	2-6	Situación sospechosa
M2	6-18	Polución/Contam. cierta
M3	18-54	Polución/Contam. importante
M4	> 54	Polución/Contam. excepcional

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ, J.L. (1966). *Subregiones fitoclimáticas de España*. I.F.I.E. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- ARMITAGE, P.D., PARDO, I., FURSE, M.T. & WRIGHT, J.F. (1990). Assessment and prediction of biological quality. A demonstration of a British macroinvertebrate-based method in two Spanish rivers. *Limnetica*, **6**: 147-156.
- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLÁN, E. & UCIEDA, F. (1982). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Pedro Barrié de la Maza, A Coruña.
- KELLY, M.G., GIRTON, C. & WHITTON, B.A. (1987). Use of moss-bags for monitoring heavy metals in rivers. *Wat. Res.*, **21**: 1429-1435.
- LÓPEZ, J. & CARBALLEIRA, A., (1991). A comparative study of pigment contents and response to stress in five species of aquatic bryophytes. *Lindbergia*, **15**: 188-194.
- LÓPEZ, J. & CARBALLEIRA, A. (1993). Interspecific differences in metal bioaccumulation and plant-water concentration ratios in five aquatic bryophytes. *Hydrobiologia*, **263**: 95-107.
- MOUVET, C. (1984 a). *Métaux lourds et mousses aquatiques. Spéciation physico-chimique bioaccumulation et toxicité*. Thèse d'Etat. Université de Liège, Belgique.
- MOUVET, C. (1984 b). Accumulation of chromium and copper by the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. transplanted in a metal-contaminated river. *Environmental technology Letters*, **5**: 541-548.
- MOUVET, C. (1985). The use of aquatic bryophytes to monitor heavy metal pollution of freshwaters as illustrated by case studies. *Verth. Internat. Verein. Limnol.*, **22**: 2420-2425.
- MOUVET, C., PATTÉE, E. & CORDEBAR, P. (1986). Utilisation des mousses aquatiques pour l'identification et la localisation précise de sources de pollution métallique multiforme. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, **7**: 77-91.
- OTERO, X.L. (1993). *Contribución a la ordenación de los suelos y aguas de la cuenca del río Louro (Pontevedra)*. Tesis de licenciatura. Universidad de Santiago de Compostela.
- OTERO, X.L. & MACÍAS, F. (1992). *Calidad de las aguas del río Louro* (informe inédito). COTOP, Xunta de Galicia.
- PEÑUELAS, J. (1984). Pigments of aquatic mosses of the river Muga, NE Spain, and their response to water pollution. *Lindbergia*, **10**: 127-132.
- PHILLIPS, D.J.H. (1980). *Quantitative aquatic biological indicators*. Applied Science Publishers, London.
- WEHR, J.D. & WHITTON, B.A. (1983 a). Accumulation of heavy metals by aquatic mosses. 2: *Rhynchostegium riparioides*. *Hydrobiologia*, **100**: 261-284.
- WEHR, J.D. & WHITTON, B.A. (1983 b). Accumulation of heavy metals by aquatic mosses. 3: Seasonal changes. *Hydrobiologia*, **100**: 285-291.