

Pautas de respuesta biogeoquímica durante las crecidas en una cuenca de encinar

Avila A., Rodá F.

in

Bellot J. (ed.).
Jornadas sobre las bases ecológicas para la gestión en ecosistemas terrestres

Zaragoza : CIHEAM
Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 3

1989
pages 233-236

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000541>

To cite this article / Pour citer cet article

Avila A., Rodá F. **Pautas de respuesta biogeoquímica durante las crecidas en una cuenca de encinar.** In : Bellot J. (ed.). *Jornadas sobre las bases ecológicas para la gestión en ecosistemas terrestres.* Zaragoza : CIHEAM, 1989. p. 233-236 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 3)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

PAUTAS DE RESPUESTA BIOGEOQUIMICA DURANTE LAS CRECIDAS EN UNA CUENCA DE ENCINAR

A. AVILA y F. RODÁ
Centre de Recerca Ecològica y Aplicacions Forestals
Universitat Autònoma de Barcelona

Key words: biogeochemistry, watershed, stormflow, types of response, evergreen oak forest.

Abstract: *BIOGEOCHEMICAL RESPONSE PATTERNS OF AN EVERGREEN FORESTED WATERSHED DURING A STORMFLOW.* The stormflow solute behaviour of a stream draining an evergreen oak forested watershed was studied. The biogeochemical response depended strongly on the watershed antecedent conditions. Under dry antecedent conditions very few runoff was produced and dilution of lithologic components and HCO_3 was small. Sulphate, Cl, NO_3 and K increased, the two latter sometimes dramatically. The overall response of stormflow under dry antecedent conditions indicates that Horton overland flow dominates the hydrograph. Under wet antecedent conditions higher runoff was produced and dilution of lithologic components and HCO_3 was of more importance. Sulphate and Cl increased, but NO_3 and K showed very small increases if any. This type of response agrees well with subsurface flow dominating the hydrograph. When considering the solute range of variation during stormflow, 5 types of response have been obtained.

INTRODUCCION

La composición química del caudal de base en arroyos que drenan áreas no perturbadas es generalmente muy constante. En las crecidas, sin embargo, se producen cambios en la composición química que pueden ser más o menos acentuados dependiendo de las vías de circulación del agua por la cuenca. En algunos trabajos se han examinado estos cambios en base a modelos de dilución con-

siderando que una agua rica en iones por su prolongado contacto con la roca y el suelo era diluida por el agua de la precipitación que provoca la crecida (Johnson *et al.* 1969, Hall 1970). No obstante, trabajos más recientes consideran que un gran porcentaje del agua drenada en las crecidas ya existía previamente en la cuenca (Sklash *et al.* 1986), y en este caso puede que no se manifieste un comportamiento de dilución. En este trabajo

presentamos las pautas de respuesta biogeoquímica durante las crecidas de un arroyo que drena un encinar montano en el Montseny, interpretándolas en función de las características hidrológicas de la cuenca en el momento en que éstas se producen.

MATERIAL Y METODOS

Se ha trabajado en una cuenca aforada de encinar de 4.3 ha, en el Montseny (41° 46'N, 2° 21'E). La cuenca tiene un sustrato de pizarras ordovícicas, unos suelos de tipo ránkner, una orientación norte y una pendiente media de 36°. El arroyo discurre por un lecho poco excavado y muy cubierto de vegetación herbácea. Las crecidas se muestrearon con un muestreador automático Manning S-4040. Las muestras se analizaban inmediatamente para la conductividad, pH y alcalinidad, y se congelaba una alícuota para el posterior análisis de los demás iones. Sodio y K⁺ se analizaban por emisión atómica, Ca²⁺ y Mg²⁺ por absorción atómica, y NO₃⁻, SO₄²⁻ y Cl⁻ por cromatografía iónica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentan los resultados de 11 crecidas muestreadas en el periodo de agosto de 1983 a

julio de 1985. Las características hidrológicas más informativas de las crecidas se detallan en la tabla 1. Estas crecidas se producen en respuesta a cantidades de precipitación muy diferentes (de 11 a 93 mm). El drenaje, si bien está positiva y significativamente correlacionado con la precipitación ($r=0.64$), también depende muy acusadamente de las condiciones antecedentes de humedad en la cuenca. Las crecidas en condiciones antecedentes húmedas drenan un porcentaje de la precipitación mucho mayor que las crecidas en condiciones antecedentes secas (tabla 1). Por el tipo de hidrograma y por la relación entre drenaje y precipitación se deduce que las crecidas en condiciones antecedentes húmedas están alimentadas por un flujo subsuperficial, mientras que las crecidas en condiciones antecedentes secas están alimentadas por escorrentía superficial de Horton sobre el cauce (Avila 1988).

Los principales rasgos de la respuesta biogeoquímica de estas crecidas quedan bien reflejados en un análisis de componentes principales utilizando la concentración iónica media ponderada de las crecidas. En el análisis se obtienen 3 componentes que conjuntamente explican el 88 de la variación de las concentraciones medias. El 1^{er} componente se asocia con los iones de origen litológico (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ y la conductividad); el 2^o se asocia al K⁺ y NO₃⁻ iones indicadores de un aporte importante

TABLA 1. PRINCIPALES PARÁMETROS HIDROLÓGICOS, Y CONCENTRACIONES MEDIAS PONDERADAS DE NA, NO₃ Y CL EN LAS CRECIDAS ESTUDIADAS.

Fecha	Prec mm	Drenaje mm	Caudal max. L/s	d/p*	Na	NO ₃ µeq/L	Cl
Condiciones antecedentes húmedas							
16-12-83	47.0	—	8.5	—	260	2	99
16-03-84	49.0	24.1	5.1	.492	254	3.3	112
1-12-84	44.7	28.0	6.3	.626	248	2	129
17-05-85	92.7	82.9	24.5	.894	234	1.2	115
Condiciones antecedentes secas							
11-08-83	26.3	0.34	6.5	.013	393	20.2	139
29-10-83	35.5	0.57	1.2	.016	416	2.0	140
23-08-84	55.2	0.71	11.9	.013	341	14.6	123
15-09-84	10.6	0.09	0.7	.008	372	6.5	109
29-09-84	77.4	2.61	7.2	.034	301	6.3	120
21-04-85	17.1	0.23	0.4	.013	358	3.6	103
9-07-85	20.5	0.11	1.4	.005	335	87.8	115

*d/p=drenaje/precipitación

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS CRECIDAS ESTUDIADAS, SEGÚN LAS CONDICIONES ANTECEDENTES Y SU RESPUESTA BIOGEOQUÍMICA.

Condiciones antecedentes	Comportamiento iónico	Fecha de la crecida	Mecanismo hidrológico
Húmedas	Dilución importante de los iones de origen litológico. Aumento de SO ₄ y Cl. Poco aumento de NO ₃ y K	14-3-1984 17-5-1985	Escorrentía subsuperficial con flujo a través de macroporos.
	Escasa dilución de los iones de origen litológico. Escaso aumento de SO ₄ y Cl. No aumento de NO ₃ y K.	16-12-1983 1-12-1984	Escorrentía subsuperficial por desplazamiento de agua previamente almacenada en la cuenca
Secas	Dilución de los iones de origen litológico. Aumento de SO ₄ y Cl. Aumento de NO ₃ y K.	11-8-1983 23-8-1984 29-9-1984	Escorrentía superficial de Horton sobre el cauce. Caudal máximo superior a 3 L/s.
	Aumento de los iones de origen litológico. Aumento de SO ₄ y Cl. Aumento, a veces muy grande, de NO ₃ y K.	15-9-1984 21-4-1985 9-7-1985	Escorrentía superficial de Horton con poco caudal (caudal máximo < 3 L/s).
	Aumento de los iones de origen litológico. Poco aumento de NO ₃ y K.	29-10-1983	Escorrentía subsuperficial.

de agua de escorrentía superficial al drenaje (Avila y Rodá 1985), y el 3º se asocia al SO₄²⁻ y Cl⁻, iones poco correlacionados con los anteriores y cuyo origen en la cuenca se puede considerar atmosférico (Juang y Johnson 1967). En la tabla 1 se muestran las concentraciones medias ponderadas de Na⁺, NO₃⁻ y SO₄²⁻ en las crecidas, iones que se han escogido para representar el comportamiento de los componentes 1, 2 y 3 respectivamente.

Las concentraciones medias de Na⁺ en las crecidas en condiciones antecedentes húmedas son significativamente menores que las de las crecidas en condiciones antecedentes secas (tabla 1), indicando que en aquéllas la dilución es mucho mayor. Las crecidas en condiciones antecedentes húmedas ocurren cuando la cuenca ha recibido anteriormente precipitaciones muy importantes (p. ej. en los meses de noviembre de 1983 y 1984, precediendo a las crecidas del 16-12-83 y 1-12-84, habían caído 207 y 231 mm de lluvia respectivamente), o cuando, estando los suelos relativamente húmedos por la poca demanda transpiratoria invernal, se produce de nuevo una precipitación abundante (como en el caso de las crecidas del 14-3-84 y 17-5-85). El agua recibida por la cuenca en estos periodos es importante y de baja concentración en los componentes de origen litológico, y por

lo tanto se manifiesta una dilución acentuada de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y HCO₃⁻. En las crecidas en condiciones antecedentes secas la cantidad de agua drenada es mucho menor y el grado de dilución es poco importante.

En el caso del NO₃⁻, las crecidas en condiciones antecedentes húmedas tienen una concentración muy baja, incluso indetectable, mientras que las crecidas en condiciones antecedentes secas tienen una concentración mucho mayor (tabla 1). Desde el punto de vista biogeoquímico hay que recordar que el agua que llega al cauce es la trascolación (agua que ha lavado las copas de los árboles) y llega al suelo con unas concentraciones relativamente elevadas: la concentración media de K⁺ y NO₃⁻ en la trascolación del encinar es de 86 y 34 µeq/L respectivamente (Rodá 1983). Además, la concentración de K⁺ y NO₃⁻ probablemente aún aumente más al añadirse la escorrentía cortical y el lavado del mantillo. Si esta agua rica en K⁺ y NO₃⁻ se infiltra, hay una absorción muy eficaz de los dos iones, presumiblemente por parte de la rizosfera, ya que se trata de iones esenciales a la nutrición vegetal. Como resultado, en las crecidas en condiciones antecedentes húmedas, con un flujo subsuperficial, el agua se exporta por el drenaje virtualmente desprovista de NO₃⁻ y con unas concentra-

ciones de K^+ que oscilan alrededor de $10 \mu\text{eq/L}$. En las crecidas en condiciones antecedentes secas, las elevadas concentraciones de K^+ y NO_3^- se deberian al predominio de agua no infiltrada en sus hidrogramas, circunstancia que corrobora la hipótesis de que estas crecidas están generadas por una escorrentia superficial hortoniana.

En el caso del Cl^- no hay una diferencia significativa entre las concentraciones medias ponderadas de los dos tipos de crecidas (tabla 1), lo que también se aplica al SO_4^{2-} . Cloruro y SO_4^{2-} presentan el mismo tipo de comportamiento en todas las crecidas, aumentando con el aumento del caudal. Este hecho se interpreta en relación al origen atmosférico de estos iones. La concentración inicial de SO_4^{2-} y Cl^- del agua de la precipitación se va incrementando a medida que hay una pérdida de agua por evapotranspiración. Este proceso va concentrando sales de SO_4^{2-} y Cl^- , tanto a nivel superficial, como a nivel de los poros de la matriz edáfica donde se sitúan los pelos absorbentes de las raíces, motores de la transpiración. Cuando se efectúa una crecida en condiciones antecedentes secas, las concentraciones de SO_4^{2-} y Cl^- aumentarían por un lavado de las sales acumuladas superficialmente durante el periodo seco previo a la crecida. Las crecidas en condiciones antecedentes húmedas, en cambio, podrían tener un aumento de SO_4^{2-} y Cl^- por disolución de las sales acumuladas a nivel de macroporos de la matriz edáfica.

El análisis de las concentraciones medias ponderadas nos permite distinguir claramente 2 bloques atendiendo a las condiciones antecedentes. Ahora bien, si también nos fijamos en el rango de varia-

ción de las concentraciones durante las crecidas obtenemos una visión más completa de la respuesta biogeoquímica e hidrológica de la cuenca. Así, con los datos disponibles actualmente, hallamos una clasificación en 5 grupos de crecidas (tabla 2) :

A. Crecidas en condiciones antecedentes húmedas

1) con dilución importante de los iones litofílicos, en las que se interpreta que el drenaje procede principalmente de escorrentia subsuperficial con flujo por los macroporos .

2) con dilución poco importante de los iones litofílicos. Se interpreta que el drenaje procede de escorrentia subsuperficial por desplazamiento de agua existente en la cuenca.

B. Crecidas en condiciones antecedentes secas

1) con dilución importante de los iones litofílicos, y aumento de K^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- : el drenaje procedería de escorrentia superficial de Horton sobre el cauce y los caudales son elevados (caudal máximo superior a 3 L/s) .

2) con aumento de los iones litofílicos, además del aumento de K^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- . El drenaje procedería de escorrentia superficial de Horton sobre el cauce, y el caudal máximo es pequeño ($< 3 \text{ L/s}$) .

3) con aumento de los iones litofílicos, pero poco aumento de K^+ y NO_3^- . El drenaje procedería de escorrentia subsuperficial .

AGRADECIMIENTOS: Este trabajo ha sido financiado mediante el Proyecto 2129/83 de la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Tecnológica.

BIBLIOGRAFIA

- AVILA, A. 1988. *Balanc d'aigua i nutrients en una conca d'alzinar al Montseny*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- AVILA, A. Y RODA, F. 1985. *Variaciones del quimismo del arroyo durante las crecidas en una cuenca de encinar montano*. Cuadernos de Investigación Geográfica, 9 : 21-31.
- HALL, F.R. 1970. *Dissolved solids discharge relationships: Mixing models*. Water Resour. Res. , 6 : 845-850
- JOHNSON, N.M., LIKENS, G.E., BORMANN, F.H. , FISHER, D.N. Y PIERCE, R.S. 1969. *A working model for the variation in streamwater chemistry at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire*. Water Resour. Res. , 5: 1353-1363.
- JUANG, F.H. . Y JOHNSON, N.M. 1967. *Cycling of chlorine through a forested watershed in New England*. J. Geophys. Res. , 72 : 5641-5647 .
- RODA, F. 1983. *Biogeoquímica de les aigües de pluja i de drenatge en alguns ecosistemes forestals del Montseny*. Tesi Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SKLASH, M.G. , STEWART, M.K. Y PEARCE, A.J. 1986. *Storm runoff generation in humid headwater catchments. 2. A case study of hillslope and low order stream response*. Water Resour. Res. , 22 : 1273-1282 .