

## Sólidos suspendidos y disueltos en la escorrentía de una pequeña cuenca pirenaica

Diez J.C., Alvera B.

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 237-241

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

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000542>

To cite this article / Pour citer cet article

Diez J.C., Alvera B. **Sólidos suspendidos y disueltos en la escorrentía de una pequeña cuenca pirenaica**. In : Bellot J. (ed.). *Jornadas sobre las bases ecológicas para la gestión en ecosistemas terrestres*. Zaragoza : CIHEAM, 1989. p. 237-241 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 3)



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

# SOLIDOS SUSPENDIDOS Y DISUELTOS EN LA ESCORRENTIA DE UNA PEQUEÑA CUENCA PIRENAICA

---

J. C. DIEZ y B. ALVERA  
 Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C.)  
 Jaca (Huesca)

---

**Key words:** suspended solids, solutes, snowmelt, increases flow summer, watershed.

**Abstract:** *DISSOLVED AND SUSPENDED SOLIDS IN THE RUNOFF FROM A SMALL WATERSHED IN THE PYRENEES.* Concentrations of dissolved (conductivity, Ca, Mg, K, SiO<sub>2</sub>, P and N-NO<sub>3</sub>) and suspended solids were studied in the flow of a small (22 Ha) basin lying on schists and covered by alpine grassland. Most solutes are diluted during the two-months period of intense snow-melt (April-June). Levels rise in low-flow summer and fall in the rainy autumn, to increase again in winter.

In the melt-season the flow is organized in daily pulses during which most solutes dilute with the rise of flow (but some, as P and K, tend to concentrate). In late summer, small rains provoke rapid changes in the concentrations of base-flow, lowering conductivity, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub>, but rising K, P and N-NO<sub>3</sub> (elements supplied by the superficial organic matter).

Suspended solids rise during the melting, but undergo higher increases in October, an unusually rainy month (700 mm) in 1987. They respond positively to the daily increments of melting flow, and the maximum value registered (180 mg/l) was caused by a small storm (7 mm).

## INTRODUCCION

Tras investigaciones sobre la composición química de la escorrentía en pequeñas cuencas pirenaicas (Puigdefábregas y Alvera, 1986; Alvera y Puigdefábregas, 1985), realizadas con muestreos semanales o quincenales, se decidió abordar un estudio más completo en una cuenca de caracte-

rísticas hidrológicas dominadas por una fuerte innivación (al norte de las sierras interiores pirenaicas); alrededor de la mitad de los 2000 mm anuales de precipitación caen en forma de nieve entre Noviembre y Abril. La cuenca, de 22 Ha, está formada sobre pizarras carboníferas, entre 2060 y 2280 m de altitud. Cubierta por pasto alpino (descripción en Diez *et al.*, 1988) dominado por *Festuca eskia*.

Aunque está equipada con un aforo no se obtuvieron registros continuos de caudal durante el primer año de medidas(1987), por lo que presentamos datos de concentraciones referidos a la evolución anual y a las pautas observadas en la temporada de fusión nival y en crecidas provocadas por tormentas estivales.

**EVOLUCION ANUAL (tabla 1)**

El conjunto de los iones (conductividad) desciende de nivel durante la época de fusión (Abril-Junio), coincidiendo su mínimo con el final de aquella. Sube durante el verano al descender el caudal (predomi-

**TABLA 1. CONCENTRACIONES MEDIAS QUINCENALES (Y DESVIACIONES TÍPICAS) EN LA ESCORRENTÍA DE LA CUENCA. I Y II, PRIMERA Y SEGUNDA QUINCENA, RESPECTIVAMENTE. COND., CONDUCTIVIDAD (  $\mu$ S/CM A 25°C). SUSP.,SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN. EN mg/l (EXCEPTO P Y N EN  $\mu$ g/l).**

|         |    | cond.         | susp.         | Ca            | Mg             | K                | SiO <sub>2</sub> | P              | N - NO <sub>3</sub> |
|---------|----|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|
| Dic.86  | I  | 36.5<br>(4.2) | 0<br>(0)      | 7.3<br>(4.1)  | 1.31<br>(0.07) | 0.137<br>(0.032) | 2.24<br>(0.05)   | 4.0<br>(1.2)   | 45.8<br>(5.9)       |
| Mar. 87 | I  | 27.6<br>(2.2) | 0.3<br>(0)    | 5.0<br>(3.6)  | 1.11<br>(0.08) | 0.126<br>(0.024) | 2.21<br>(0.21)   | 3.1<br>(1.2)   | 115.0<br>(20.8)     |
| Mar.    | II | 27.8<br>(1.5) | 0.1<br>(0)    | 3.1<br>(1.6)  | 1.19<br>(0.10) | 0.143<br>(0.041) | 2.04<br>(0.63)   | 4.8<br>(4.9)   | 85.3<br>(8.0)       |
| Abr.    | II | 22.5<br>(2.6) | 0.5<br>(0.4)  | 4.9<br>(1.1)  | 0.92<br>(0.22) | 0.137<br>(0.100) | 0.85<br>(0.13)   | 1.8<br>(1.3)   | 89.7<br>(14.0)      |
| May.    | I  | 17.8<br>(2.6) | 1.1<br>(0.7)  | 5.4<br>(3.3)  | 0.88<br>(0.13) | 0.091<br>(0.026) | 1.49<br>(0.22)   | 3.3<br>(1.0)   | 32.0<br>(32.0)      |
| May.    | II | 16.9<br>(1.8) | 0.2<br>(0.3)  | 4.4<br>(3.0)  | 0.83<br>(0.08) | 0.088<br>(0.012) | 1.44<br>(0.20)   | 1.8<br>(0.6)   | 16.55<br>(14.5)     |
| Jun.    | I  | 15.4<br>(1.8) | 0.4<br>(0.3)  | 5.5<br>(3.4)  | 0.78<br>(0.09) | 0.085<br>(0.025) | 1.14<br>(0.22)   | 1.4<br>(1.0)   | 8.6<br>(12.5)       |
| Jun.    | II | 18.9<br>(2.4) | 0.5<br>(0.3)  | 2.1<br>(1.4)  | 0.80<br>(0.21) | 0.081<br>(0.037) | 1.38<br>(0.39)   | 2.4<br>(2.2)   | 6.1<br>(10.4)       |
| Jul.    | I  | 26.2<br>(5.2) | 1.0<br>(2.3)  | 5.7<br>(2.8)  | 0.88<br>(0.16) | 0.130<br>(0.042) | 1.74<br>(0.17)   | 5.3<br>(1.9)   | 1.0<br>(3.7)        |
| Ago.    | I  | 37.3<br>(5.1) | 0.5<br>(0.4)  | 6.3<br>(1.2)  | 1.42<br>(0.16) | 0.172<br>(0.047) | 1.53<br>(0.05)   | 19.4<br>(1.0)  | 29.4<br>(23.8)      |
| Oct.    | I  | 22.4<br>(6.3) | 8.6<br>(19.9) | 10.4<br>(1.7) | 0.98<br>(0.18) | 0.140<br>(0.033) | 1.66<br>(0.42)   | 1.7<br>(1.3)   | 15.1<br>(12.5)      |
| Oct.    | II | 22.9<br>(3.0) | 5.2<br>(5.7)  | 8.2<br>(2.4)  | 1.03<br>(0.11) | 0.116<br>(0.025) | 1.71<br>(0.19)   | 2.4<br>(2.4)   | 12.4<br>(12.8)      |
| Nov.    | I  | 30.9<br>(2.0) | 0.3<br>(0.9)  | 10.9<br>(5.2) | 1.26<br>(0.19) | 0.131<br>(0.027) | 1.67<br>(0.12)   | 3.6<br>(2.1)   | 1.0<br>(2.3)        |
| Nov.    | II | 30.4<br>(1.9) | 0.5<br>(0.3)  | 12.1<br>(1.4) | 1.24<br>(0.12) | 0.094<br>(0.009) | 1.47<br>(0.41)   | 2.6<br>(1.2)   | 6.8<br>(7.6)        |
| Dic.    | I  | 31.8<br>(4.1) | 0.4<br>(0.2)  | 6.3<br>(3.7)  | 1.01<br>(0.18) | 0.106<br>(0.020) | 1.82<br>(0.21)   | 6.4<br>(6.6)   | 68.3<br>(37.0)      |
| Dic.    | II | 31.1<br>(1.7) | 1.2<br>(0.7)  | 6.0<br>(2.0)  | 0.96<br>(0.07) | 0.095<br>(0.012) | 2.00<br>(19.7)   | 10.0<br>(19.7) | 50.8<br>(27.2)      |
| Ene. 88 | I  | 35.0<br>(2.0) | 0.6<br>(0.4)  | 5.4<br>(0.7)  | 1.08<br>(0.95) | 0.104<br>(0.009) | 1.95<br>(0.09)   | 1.8<br>(0.8)   | 54.5<br>(4.7)       |

nio del de base, alimentado por el agua de percolación profunda, que lava suelo y substrato). Del 15 de Agosto al 30 de Septiembre no hay datos por dirigirse entonces el muestreo a las avenidas producidas por tormentas. Las lluvias de otoño hacen descender de nuevo su valor. La pauta del Mg es muy similar a la de la conductividad.

El Ca mantiene la concentración durante la fusión y sube de nivel en otoño, para recuperar en invierno el valor inicial.

El K presenta un gran máximo justo al comienzo de la fusión (primera mitad de Abril). Esta pauta se repite, aunque muy atenuada, en conductividad, Mg y P, lo que concuerda con el hallazgo, de Johannesen y Henriksen (1978), de que las primeras fracciones del agua de fusión (10 %) evacúan del manto proporciones muy superiores (30 %) de los solutos presentes en la nieve. Desde ese momento las variaciones del K son similares a las del conjunto de los solutos.

Justo al iniciarse la fusión el nivel de sílice disminuye a la mitad. Las concentraciones de los distintos solutos en la nieve (10 muestras en Marzo y Abril) son de 2 a 6 veces menores (excepto en P) que en la escorrentía de fusión, pero la diferencia llega a 40 para la sílice, lo que provoca su fuerte dilución al comienzo de ese período; enseguida sube a un valor medio que mantiene hasta otoño.

Las concentraciones de nitrato bajan durante la fusión, pero no se recuperan al final de ésta, como sucede con la mayoría, sino que siguen descendiendo hasta la segunda mitad de Julio. Probablemente, al comienzo del verano, la desnitrificación bacteriana y la actividad de algas bénticas, secuestran el nitrato de la solución (Hill, 1981) y, al descender la temperatura del agua (ya en Agosto a esa altitud) disminuye dicha actividad, e incluso puede volver a la solución parte de lo incorporado, con lo que suben los niveles. El P tiene una pauta muy similar en esa época.

La concentración de P en la nieve es la única superior (x1.5) a la de la escorrentía, pero su nivel en ésta disminuye comparativamente mucho (4 veces) al comienzo de la fusión. Esto sugiere la existencia de mecanismos que lo retienen, tal vez micelios de hongos psicrófilos. Hintikka (1964) estudió esa función en la retención de N.

Los niveles de sedimentos, mínimos en invierno, aumentan mucho con el inicio de la fusión (x16), pero brevemente. Las lluvias de Octubre provocan un aumento relativo similar, llegando la concentra-

ción media a 8 mg/l, para descender de nuevo en Noviembre.

## PULSOS DE FUSION

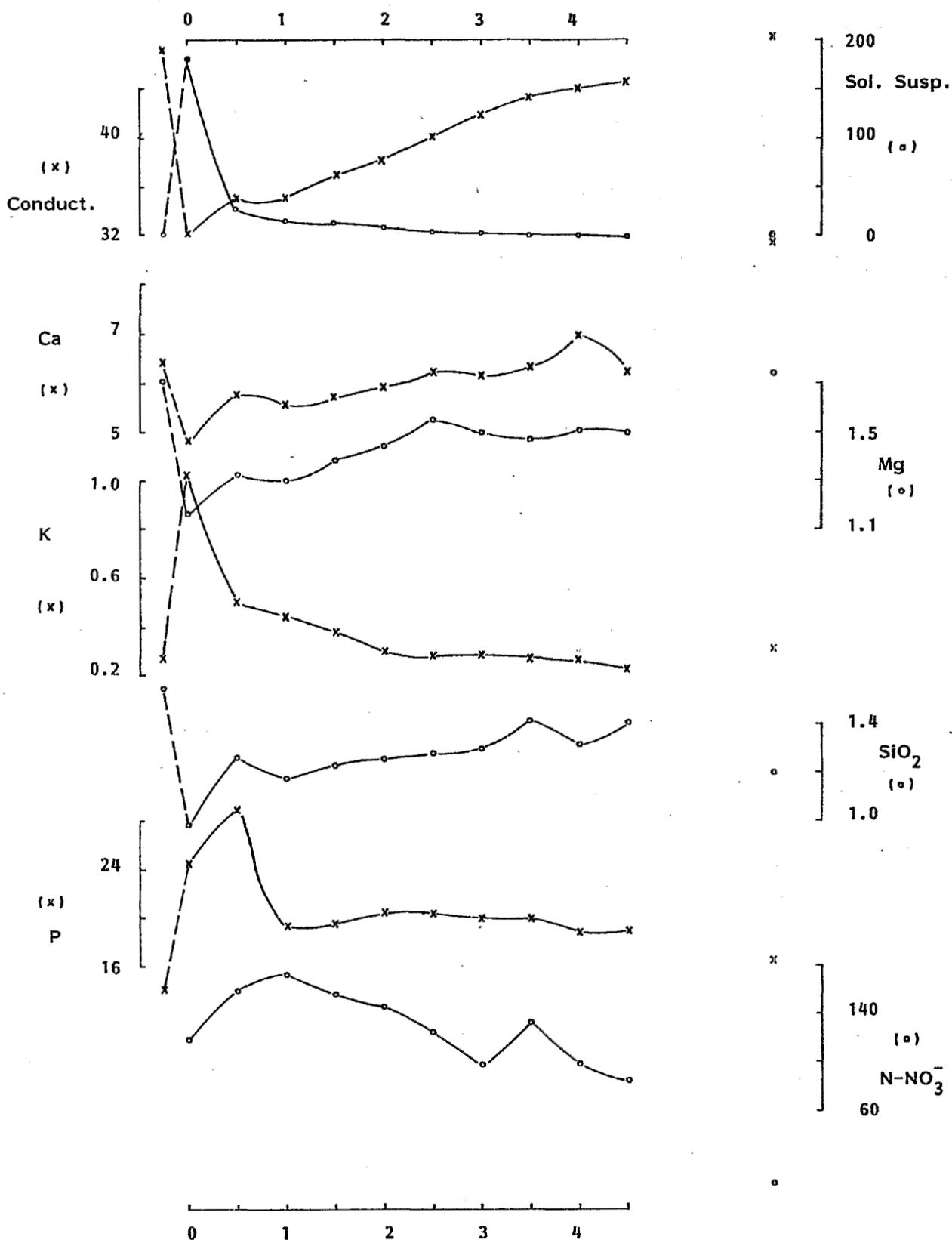
Durante la temporada de fusión existe una fuerte tendencia a organizarse el caudal en forma de pulsos diarios (Alvera y Puigdefábregas, 1985; Collins, 1983), sobre todo si las condiciones climáticas favorecen grandes contrastes térmicos entre el día y la noche. Entonces los máximos de caudal pueden hasta cuadruplicar los mínimos. Al caudal de base, integrado principalmente por el flujo profundo, se le añade el agua de fusión, que accede a los cauces de manera superficial por estar el suelo saturado. Este agua, poco cargada de iones, hace que los picos de caudal coincidan con fuertes descensos de las concentraciones de solutos: así sucede (datos basados en análisis detallados de nueve jornadas, en Abril y Mayo, con muestreo cada dos o tres horas) con la conductividad, Mg, SiO<sub>2</sub>, Na, Ca y Cl. Otros elementos no muestran pautas tan claras, pues en ocasiones no experimentan cambios de concentración coincidentes con los pulsos de caudal, o son mínimos o de signo contrario; así sucede en los nutrientes que parecen tener su reserva en la materia orgánica superficial, como N-NO<sub>3</sub>, P, K. Además el nivel de P es menor en la escorrentía que en la nieve, lo que provoca aumentos de concentración coincidentes con los picos de caudal. El K se enriquece en algún caso, pero su concentración en la nieve es muy inferior a la del torrente, de modo que tiene que lavar la materia orgánica superficial. El nitrato suele diluirse con los aumentos de flujo o no responde a los mismos.

Por otra parte los aumentos de caudal provocan grandes incrementos en los niveles de sólidos suspendidos, que son movilizados de la superficie del suelo, cuando el manto nival es continuo, y también de los márgenes de las manchas de nieve, cuando empiezan a abrirse claros.

## TORMENTAS ESTIVALES

Analizaremos los efectos de una tormenta de 7 mm caídos en 15 minutos (26-08-87 a las 22 horas), tras 48 horas sin lluvia, en las concentraciones de algunos elementos. No disponemos de datos de caudal, pero la mencionada precipitación provocó fuertes cambios de las concentraciones en la escorrentía (en la figura 1 el primer punto, tomado como referencia, corresponde al 25-08-87 a las 12 horas y el último, no unido por líneas, a la misma hora del 31-08-87). La conductividad sufrió un fuerte descenso para recuperarse lentamente y alcanzar el nivel de partida en unas seis horas (se tienen muestras

FIGURA 1. CAMBIOS DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ESCORRENTÍA DE LA CUENCA TRAS UNA PRECIPITACIÓN DE 7 MM (26.8.87). EN EL EJE HORIZONTAL, TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS) DESDE EL INICIO DE LA AVENIDA (0). EN mg/l (P Y N, EN  $\mu\text{g/l}$ ; CONDUCTIVIDAD EN  $\mu\text{S/cm}$  A  $25^{\circ}\text{C}$ ).



desde el inicio de la subida de caudal, cada media hora, hasta que el nivel se recuperó 4.5 horas después). Pautas similares se observan en Ca, Mg y SiO<sub>2</sub>.

El agua de lluvia accedió rápidamente a los cauces por escorrentía superficial (la intensidad de la lluvia probablemente alcanzó la capacidad de infiltración de algunos suelos de la cuenca (Diez *et al.*, 1988), diluyendo el caudal de base enriquecido en los elementos citados. Para otros tres nutrientes, N-NO<sub>3</sub>, K y P, el comportamiento fue el contrario: el caudal de base, con concentraciones bajas, se vio enriquecido súbitamente por la escorrentía superficial que lavó los vegetales y la superficie del suelo; en esta época de final de verano se van agostando las hierbas y algún elemento muy lábil, como el K, que es fácilmente lavado de las hojas senescentes. También se detienen otros procesos biológicos

(por ejemplo se produce gran mortandad de saltamontes, que en verano alcanzan importantes poblaciones). Todo esto hace que haya una relativamente gran cantidad de materia orgánica muerta recientemente, que puede aportar esos importantes nutrientes. Este tipo de respuesta ante crecidas de verano, producidas por lluvias, es el más observado normalmente (Avila y Rodà, 1985), con diluciones de la mayoría de los solutos y concentraciones de algunos.

Los sólidos suspendidos actúan como el K, pero además con una tasa de concentración elevada. En este caso registramos un máximo de 180 mg/l (el promedio de la primera quincena de Agosto fue de 0.5), que desciende a la séptima parte a la media hora (25 mg/l) y 180 veces (1 mg/l) a las cuatro horas del comienzo.

AGRADECIMIENTOS: Agradecemos a Santiago Pérez y Emilio Ubieto su contribución en el trabajo de laboratorio. El estudio fue financiado por el programa 4-608-1 del C.S.I.C.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVERA, B. Y PUIGDEFÁBREGAS, J. 1985. *Pulsación diaria de la carga suspendida y disuelta en la escorrentía de fusión nival*. Cuad. Invest. Geogr. (Logroño), 11 (1-2), 5-20.
- AVILA, A. Y RODÀ, F. 1985. *Variaciones del quimismo del arroyo durante las crecidas en una cuenca de encinar montano*. Cuad. Invest. Geogr. (Logroño), 11 (1-2), 21-31.
- COLLINS, D.N. 1983. *Solute yield from a glacierized high mountain basin*. Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ. 141, 41-50.
- DIEZ, J.C., ALVERA, B., PUIGDEFÁBREGAS, J. Y GALLART, F. (1988). *Assesing sediment sources in a small drainage basin above the timberline in the Pyrenees*. Sediment Budgets. IAHS Publ. n°174: 197-205.
- HILL, A.R. 1981. *Nitrate-nitrogen flux and utilization in a stream ecosystem during low summer flows*. Can. Geogr. 25 (3), 225-239.
- HINTIKKA, V. 1964. *Psycrophilic basidiomycetes decomposing forest litter under winter conditions*. Commun. Inst. For. Fenn. 59(2), 1-20.
- JOHANNESSEN, M. Y HENRIKSEN, A. 1978. *Chemistry of snow meltwater: Changes in concentration during melting*. Wat. Resour. Res. 14, 615-619.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. Y ALVERA, B. 1986. *Particulate and dissolved matter in snowmelt runoff from small watersheds*. Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. 58, 69-80.