

CONCENTRACION DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL AGUA DE LLUVIA DE CORRIENTES (ARGENTINA)

Fernando L. PEDROZO* y Carlos A. BONETTO**

SUMMARY: Nitrogen and Phosphorus concentrations in rainwater of Corrientes (Argentina).

Inorganic nitrogen, phosphorus, pH and conductivity in rainwater were measured at Corrientes (27°27' S, 58°47' W) during 1984-1985. Mean water pH was 5.97 (4.60 - 7.15) and mean conductivity was 11.5 uS/cm (2.7 - 21 uS/cm) showing good water quality. Concentration showed positive correlation with the length of time between successive rains and were inversely correlated with precipitation volume. Both inorganic nitrogen concentrations and fallout, were low (mean conc.: 315 µg Ninorg/l mean fallout: 190 mg Ninorg/m² yr) when compared with the reported figures in unpolluted locations. Total phosphorus concentration (36 µg TP/l) and fallout (16.5 mg TP/m² yr) were relatively high probably because of dust contribution. Fallout rates resulted an order of magnitude lower than those of very polluted areas. It was shown that nutrient fallout is important in determining trophic status of shallow lakes and ponds profusely distributed in Corrientes province.

INTRODUCCION

En años recientes se incrementó el interés por el estudio de la composición química del agua de lluvia. Su importancia como componente del agua superficial, generalmente, fue subestimada (Gorham, 1961) a pesar de ser bien conocido que en ambientes oligotróficos, especialmente aquellos situados en cuencas geológicas dominadas por granitos, representaría la principal fuente de nitrógeno (Wetzel, 1975; Likens y Bormann, 1975). Dicho interés se relaciona, no obstante, con el creciente deterioro ambiental en países industrializados. El elevado consumo de combustibles fósiles redundó en un aumento de los óxidos de azufre y de nitrógeno en la atmósfera, los cuales son hidrolizados para formar ácidos (Likens y Bormann, 1975; Mosello y Tartari, 1979) provocando una disminución del pH del agua de lluvia. El fenómeno conocido como "lluvia ácida" causó grandes perjuicios económicos en Europa, Canadá y Estados Unidos, especialmente por el daño producido en sus recursos forestales. Asimismo, el aumento de nutrientes contenidos en la lluvia modifica los ambientes receptores. Wetzel (1975) ejemplifica como un ambiente somero situado

* Becario de Perfeccionamiento del CONICET.

** Miembro de la carrera de Investigador Científico del CONICET Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), c.c. 291 (3400) - Corrientes - Rep. Argentina.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v. 12/13	n. 23/24	págs. 101-110	1985/86
--------	-----------	-------------------	----------	----------	------------------	---------

en la zona de los Grandes Lagos resultó eutrófico sólo por el aporte de nitrógeno atmosférico, estimado en 1 g N/m^2 año. De este modo, la cuantificación de los distintos aportes de nutrientes que recibe un cuerpo de agua, resulta indispensable para comprender su metabolismo.

No existiendo en Corrientes trabajos anteriores sobre el tema, excepto datos preliminares en Pedrozo (1985), se consideró de interés analizar el agua de lluvia, constatar su calidad, calcular su aporte de nutrientes y discutir su importancia limnológica en los cuerpos de agua regionales.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras fueron colectadas a 7 km de la Ciudad de Corrientes ($27^{\circ}27' \text{ S}$; $58^{\circ}47' \text{ W}$). Se emplearon colectores de vidrio ubicados a 2 m de la superficie, y en cada evento se colectó agua desde el comienzo y hasta la finalización del mismo.

El pH se midió con potenciómetro Orion 407 y la conductividad con puente conductímetro YSI, ajustado a 25°C . El análisis de nutrientes se efectuó sobre muestra filtrada con filtro de membrana de $0,45 \mu\text{m}$ de poro. Los nitratos se valoraron por reducción a nitritos en columna de cadmio (EPA, 1974); los nitritos por valoración directa con formación del colorante azoico (APHA, 1981); amonio por el método del azul indofenol (Golterman *et al.*, 1978); fósforo reactivo soluble (PRS) por reducción del complejo fosfomolibdico con ácido ascórbico (Golterman *et al.*, 1978). Para el fósforo total (PT) se incluyó el análisis de muestra sin filtrar, el cual se hizo con digestión con persulfato de potasio en medio ácido y posterior determinación como el PRS. El nitrógeno inorgánico (N inorg.) se consideró como $\text{NNH}_3 + \text{NNO}_3 + \text{NNO}_2$ y la relación N/P se calculó como N inorg./PRS .

Los valores de lluvia caída se obtuvieron de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Hídricas (INCyTH), ubicada a 100 m del sitio de colección de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla I se resume la información obtenida durante 1984 y 1985. En la tabla II se consignan los aportes calculados para cada evento.

El pH del agua de lluvia varió en un rango comprendido entre 4,6 y 7,15 con un valor medio de 5,97. Dichos valores, cercanos al valor teórico que debe tener una solución acuosa en equilibrio con el CO_2 atmosférico (5,7 unidades, Garrels y Mackenzie, 1977), indicarían una buena calidad del agua, sin una significativa polución. Con fines comparativos cabe citar, por ejemplo, valores extremos de hasta 3,8, y valores medios de 4,29 observados por Tartari y Mosello (1983) en Pallanza, localidad cercana a Milán.

TABLA I
Volumen de agua caída, pH, conductividad, concentración de nutrientes, relación PRS/P total y número de días sin lluvias previos a cada evento (NDSL)

Fecha	Prec. caída (mm)	pH	Conduct. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	PRS ($\mu\text{g}/\text{l}$)	P part. ($\mu\text{g}/\text{l}$)	P total ($\mu\text{g}/\text{l}$)	PRS/P total (%)	NNO_3 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	NNO_2 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	NNH_3 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	N inorg. ($\mu\text{g}/\text{l}$)	NDSL
23-5-84	7	5,7	12	12	3	15	80	137	2,8	244	384	1
3-6	28	7,15	7	5	15	20	25	99	1,2	270	370,2	3
5-6	7	6,9	10,5	25	10	35	71	80	4,0	320	404	1
18-6	8,5	6,2	8	19,5	11,5	30	65	90	2,1	300	392,1	7
25-6	31,5	6,15	7,8	14	10	24	58	60	nd	42	102	3
3-7	14	6,4	11	10	11	21	47	73	4,6	102	179,6	6
12-7	7,5	5,6	12,5	18	7	25	72	143	1,4	77	221,4	8
23-8	12	5,5	15	11	8	19	58	172	2,3	66	240,3	15
22-10	6	6,2	12	22	14	36	61	110	2,5	232	344,5	3
15-11	7,7	7,0	14	71	82	153	46	197	2,9	200	400	2
23-11	54	5,6	14	6	5	11	54	44	1,6	34	79,6	4
3-10	37	6,15	6,6	nd	nd	nd	nd	25	nd	113	138	6
1-12	7,5	5,7	14	nd	nd	nd	nd	10	nd	73	83	1
6-2-85	3,5	6,6	16	56	39	95	59	200	6,3	265	471	2
19-2	49	6,4	2,7	nd	7	8	25	22	1,0	25	48	1
26-3	39,5	5,8	5,0	nd	9	10	10	55	1,0	38	94	1
28-5	62	5,6	7,4	20	5	25	80	42	2,0	60	104	4
3-9	5,5	5,1	16	37	3	40	92	194	6,0	165	365	15
10-9	20	4,6	21	19	3	22	86	356	4,4	190	550	2
20-11	10	4,9	18	125	5	130	96	1500	7,5	120	1628	46
Promedio		5,97	11,5	24	12	36	60	180	2,8	147	315	

nd = no detectable

El pH mostró correlación lineal con el fósforo particulado ($r = 0,54$; $p < 0,05$). Siendo esta última la única determinación en la fracción particulada, ya que todas las demás se realizaron en la fracción disuelta, es posible que dicha correlación más que una relación causa-efecto sea demostrativa de la dependencia de ambas variables del contenido de polvo de los suelos circundantes. Mosello y Tartari (1985) observaron una menor acidificación en áreas sometidas a intensa actividad agrícola, ricas en calcáreo. Dichos autores sugieren que el calcio, derivado de partículas del suelo, es la principal fuente de alcalinidad del agua de lluvia. Es también probable que represente la principal fuente de fósforo particulado.

La conductividad osciló entre 2,7 y 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondiente, en forma aproximada, a una concentración de sales disueltas de 1,9 a 14,8 mg/l, con un valor medio de 11,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\sim 8,2$ mg/l). Dichos valores son, asimismo, expresivos de un escaso grado de contaminación si se los compara con la conductividad observada en ambientes sometidos a una intensa actividad antrópica. Tartari y Mosello (1983) determinaron una conductividad media de 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Pallanza. Conductividad y pH observaron una correlación lineal inversa ($r = -0,53$; $p < 0,05$). Tal correlación es a menudo observada en ambientes donde sulfatos y nitratos son las especies químicas preponderantes (Tartari y Mosello, 1983).

La concentración de PRS, PT, nitratos, nitritos y N inorgánico mostraron correlación lineal con el "número de días sin lluvias previos a cada evento" (NDSL) ($r = 0,74/0,46/0,90/0,58/0,81$; $p < 0,01/0,05/0,01/0,01/0,01$; respectivamente).

Hacia el final del período de estudio se produjo en la región una intensa sequía que se prolongó durante gran parte del verano 1985-1986. El último muestreo (20/XI/85) se realizó después de un período de 45 días sin lluvias. En dicha oportunidad, el aporte de nitratos representó el 9% del aporte anual estimado de N inorg. y su concentración resultó un orden de magnitud superior a todos los otros muestreos. El PRS mostró un comportamiento semejante. Las variaciones en la concentración de fósforo y nitrógeno fueron, en gran medida, simultáneas, observándose una correlación lineal entre la concentración de PT y la de nitrógeno inorgánico ($r = 0,67$; $p < 0,01$). El PRS representó la principal fracción del PT (60%) y el amonio la principal del nitrógeno inorgánico (54%). Las concentraciones de nitratos y PRS mostraron un alto grado de correlación ($r = 0,85$; $p < 0,01$). Las concentraciones de PRS, nitratos, nitritos y amonio mostraron correlación con la conductividad ($r = 0,65/0,60/0,68/0,44$; $p < 0,01/0,01/0,01/0,05$, respectivamente).

La concentración de sales disueltas, PRS, nitratos, nitritos y amonio, mostraron una correlación exponencial inversa con la cantidad de agua caída en cada evento ($r = -0,60/-0,63/-0,59/-0,64/-0,70$; $p < 0,01$, respectivamente). Los resultados sugieren un origen común para la mayoría de las especies químicas determinadas. Su concentración en el aire se incrementó durante los períodos entre lluvias sucesivas, y la concentración en el agua caída se diluyó en forma inversa a la cantidad de precipi-

TABLA II

Aporte de nutrientes y sales disueltas (mg/m^2) en el período mayo 1984 a noviembre 1985

Fecha	Sales disueltas	PRS	P part.	P total	NNO_3	NNO_2	NNH_3	N inorg.
23-5-84	50,4	0,084	0,021	0,105	0,959	0,020	1,708	2,688
3-6	117,6	0,140	0,420	0,560	2,772	0,030	7,560	10,365
5-6	44,1	0,175	0,070	0,245	0,560	0,028	2,240	2,830
18-6	40,8	0,166	0,089	0,255	0,765	0,018	2,550	3,333
25-6	147,4	0,441	0,315	0,756	1,890	—	1,323	3,213
3-7	92,4	0,140	0,154	0,294	1,022	0,060	1,428	2,510
12-7	56,3	0,135	0,053	0,188	1,070	0,020	0,578	1,660
23-8	108,0	0,131	0,097	0,228	2,064	0,028	0,792	2,880
23-10	43,2	0,132	0,084	0,216	0,660	0,015	1,392	2,067
15-11	64,7	0,547	0,631	1,178	1,520	0,022	1,540	3,080
23-11	453,6	0,324	0,270	0,594	2,376	0,090	1,836	4,300
30-11	146,5	0,040	—	0,040	0,925	—	4,180	5,110
1-12	63,0	0,008	—	0,008	0,075	—	0,548	0,623
6-2-85	33,6	0,196	0,137	0,333	0,700	0,022	0,928	1,650
19-2	79,4	0,050	0,342	0,392	1,078	0,050	1,225	2,352
26-3	118,5	0,040	—	0,040	2,173	0,040	1,500	3,713
28-5	275,3	1,240	0,310	1,550	2,604	0,124	3,720	6,448
3-9	52,8	0,204	0,016	0,220	1,067	0,033	0,908	2,008
10-9	252,0	0,380	0,060	0,440	7,120	0,088	3,800	11,008
20-11	108,0	1,250	0,050	1,300	15,000	0,075	1,200	16,280

tación. No obstante, el aporte total de lluvias muy intensas puede resultar de gran magnitud. La precipitación ocurrida entre el 28 y 29/V/85, de 62 mm, produjo el mayor aporte de fósforo total registrado en un sólo evento ($1,55 \text{ mg P}/\text{m}^2$, representando el 10% del aporte anual estimado) y un aporte de fosfato ($1,24 \text{ mg PRS}/\text{m}^2$) muy cercano al valor máximo registrado el 20/XI/85 ($1,25 \text{ mg PRS}/\text{m}^2$).

Durante una lluvia prolongada, las concentraciones son máximas al principio de la misma, disminuyendo hacia un "plateau" con posterioridad (Mosello y Tartari, 1979; Lee *et al.*, 1980), sugiriendo un aporte inicial local, relacionado con las características del ambiente circundante al punto de muestreo y un aporte posterior, vinculado a la circulación general atmosférica, cuyo origen se supone distante.

Los aportes anuales de nitrógeno inorgánico se estimaron en 210 y 171 $\text{mg N}/\text{m}^2$ año en 1984 y 1985, respectivamente. Los de fósforo total resultaron de 18 y 15 $\text{mg P}/\text{m}^2$ año para los mismos períodos. La precipitación resultó de 1370 mm en 1984 y 1125 mm en 1985, representando

ésta última el 82% de la de 1984. El aporte de nitrógeno inorgánico resultó en 1985 de un 81%, y el de fósforo de un 83% respecto del año anterior. Si bien la concentración varía, dentro de un rango muy amplio, en forma inversa a la cantidad de precipitación, puede sugerirse que el aporte anual tiene un rango más reducido de variación y parece incrementarse con la precipitación. En la tabla III se consignan las concentraciones medias determinadas en el presente trabajo conjuntamente con una recopilación de valores tomados de la literatura. Se consignan sólo estaciones consideradas por los respectivos autores como no contaminadas. Como puede observarse, las concentraciones de amonio en el agua de lluvia de Corrientes, resultó entre las menores citadas. Sólo un reducido número de estaciones registró valores medios menores (Tennessee, Columbia Británica, Carolina del Norte, Río Negro —Amazonas— y Malasia). La concentración media de nitratos resultó cercana a la media mundial ($175 \mu\text{g NNO}_3/\text{l}$). Las concentraciones de N inorg. resultaron intermedias a los valores citados para diferentes países del mundo. Según Meybeck (1982) valores más elevados se consignan en zonas áridas (Chad, $710 \mu\text{g N/l}$) que en zonas húmedas (Amazonas, $280 \mu\text{g N/l}$). La concentración mínima se determinó en Columbia Británica ($15 \mu\text{g N/l}$) con una precipitación media de 4500 mm anuales. Meybeck (1982) en una recopilación reciente, estimó la media mundial en $450 \mu\text{g N/l}$, superior a la concentración media determinada en Corrientes. La concentración media de amonio resultó sólo del 65% de la media mundial y la de nitratos ligeramente superior (tabla III).

Estaciones sometidas a intensa contaminación ambiental registran concentraciones de un orden de magnitud superior: (París, $2450 \mu\text{g N/l}$; Pallanza, afectada por Milan, $1336 \mu\text{g N/l}$; Zurich, $2371 \mu\text{g N/l}$, (Meybeck, 1982). El aporte medio de nitrógeno con la precipitación fue estimado por distintos autores en 450 mg/m^2 (Meybeck, 1982), 395 mg/m^2 (Stumm y Morgan, 1970), 250 mg/m^2 (Garrels y Mackenzie, 1973) y 530 mg/m^2 (Delwiche y Likens, 1977), en todos los casos superior al aporte calculado en Corrientes.

Las concentraciones de fósforo, en cambio, aparecen como relativamente elevadas en comparación con otras fuentes éditas (tabla III). Según Meybeck (1982) la media mundial sería de $5 \mu\text{g PPO}_4/\text{l}$ y $10 \mu\text{g PT/l}$, observándose en Corrientes valores más elevados. Por tal motivo la relación de aporte N/P resultó comparativamente baja. También se citan valores elevados en Chad, Costa de Marfil y Natal. Lemasson y Pages (1982) destacan la importancia del polvo atmosférico en el aporte de nutrientes. Dichos autores recogieron polvo durante un evento de "niebla seca" y lo suspendieron en agua destilada 5 días observando una alta concentración de fosfatos ($142 \mu\text{g PPO}_4/\text{l}$) al cabo del experimento. En Corrientes, durante períodos de sequía es perceptible una elevada concentración de polvo, que disminuye la visibilidad apreciablemente, en especial en asociación con el viento cálido del Norte. En dichos períodos, suelen producirse incendios de campos y la precipitación acarrea las cenizas pro-

TABLA III
Concentración de nitrógeno y fósforo en algunas estaciones tomadas de la literatura.
Todas las concentraciones en $\mu\text{g/l}$.

LUGAR	N inorg.	NNO_3	NNH_3	PPO_4	PT	Lluvia	Fuente
Corrientes	315	180	147	24	36	1200	Presente trabajo
Média Mundial	450	175	225	5	10		Meybeck, 1982
Ontario	550	259	293	—	24	810	"
Thonon (Francia)	407	190	215	9	18,5	1080	"
Noruega	250	114	155	—	—	620	"
Suiza	620	310	310	—	—	2000	"
Mamai (N. Zelandia)	240	17	220	—	10	2600	"
Tennessee	380	250	130	—	40	1900	"
British Columbia	15	6	10	3	—	4500	"
Colorado	470	273	192	8	—	700	"
Carolina del Norte	240	141	99	5	—	2200	"
Quebec	—	300	240	—	—	—	"
Saigon	575	106	458	—	—	2200	"
Addis Adaba	711	143	554	—	—	1330	"
Río Negro (Amazonas)	240	125	111	1,3	9,2	2000	"
Delhi	420	194	218	—	—	720	"
Manaos (Amazonas)	281	110	169	3	11	2400	"
Malasia	—	80	40	4	—	2620	"
Costa de Marfil	600	274	215	106	—	1080	Lemasson y Pagès, 1982
Chad	714	182	532	37	—	650	"
Natal	775	135	640	22	—	1840	"
Massachussets	—	—	—	93	—	—	"
Congo	350	140	206	—	—	1550	Meybeck, 1982
Gana	775	135	640	22	—	1840	"

ducidas. Viner (1975) describe los elevados tenores de N y P en el agua de lluvia después de un típico incendio de sabana en Uganda (5 mg N inorg/l y 1 mg P/l, respectivamente), destacándose no sólo las elevadas concentraciones sino también la baja relación N/P.

Numerosos ambientes lénticos en Corrientes carecen de verdaderos afluentes, representando la precipitación su principal aporte hídrico. Entre ellos, el más extenso es el sistema del Iberá, abarcando aproximadamente 1.200.000 Ha (Neiff, 1981). En el NO de la provincia, en una zona de relieve llano a ligeramente ondulado, se localizan numerosas lagunas de variadas dimensiones y escasa profundidad. La litología está dominada por arenas y areniscas del Plioceno-Pleistoceno (Herbst y Santa Cruz, 1985). Los suelos son arenosos, escasamente desarrollados, generalmente ácidos y con escaso contenido en materia orgánica (Herbst y Santa Cruz, *op. cit.*) redundando en cuerpos de agua de baja conductividad, que generalmente oscila entre 40 y 90 $\mu\text{S/cm}$ (Neiff, 1981). Los cuerpos de agua de menor profundidad suelen ser colonizados por macrófitas emergentes. En el conjunto de lagunas en que la producción primaria se encuentra vinculada, en lo fundamental, al fitoplancton, se presentan estadios de trofismo muy disimiles, observándose que aquellas de menores dimensiones

presentarían un mayor grado de trofismo (Bonetto *et al.*, 1978; Caro *et al.*, 1979).

El aporte anual de nutrientes de la precipitación se estimó en el presente trabajo en unos 200 mg N inorg./m² y 18 mg P/m² (media de los años 1984 y 1985). En una laguna de 1 m de profundidad dicho aporte equivale a una concentración de 200 µg N inorg./l y 18 µ P/l, mientras que para una lengua de 6 m de profundidad representa una concentración de 33 µg N/l y 3 µg P/l. Las concentraciones de la primera son suficientes para producir un elevado grado de trofismo, mientras que las de la segunda son más cercanas a las que caracterizan ambientes mesotróficos. Caro *et al.* (1979) estudiaron las lagunas Totoras y González (Pcia. de Corrientes) entre 1976 y 1978. La profundidad de la laguna González osciló entre 2 y 0,3 m en el período de estudios; las concentraciones de nitratos variaron entre 70 y 250 µg NNO₃/l, y las de fosfato entre 20 y 26 µg PPO₄/l. En la laguna Totoras la profundidad varió entre 6 y 5 m durante el referido período; las concentraciones de nitratos entre 20 y 60 µg NNO₃/l, y las de fosfatos entre 10 y 16 µg PPO₄/l. Cabe destacar que las diferencias en las concentraciones de nutrientes entre ambas lagunas se corresponde con la relación entre el aporte pluvial y la profundidad de las mismas. En la laguna González la concentración de clorofila, la producción primaria y la densidad del fitoplancton resultaron elevadas, observándose sucesivas floraciones de cianofitas. La laguna fue descripta como "muy eutrófica" (Caro *et al.*, 1979). En la laguna Totoras los mismos parámetros resultaron mucho menores, estando el fitoplancton dominado por desmidiáceas, habiendo sido consideradas por Bonetto *et al.* (1978) y Caro *et al.* (1979) como de baja eutrofización.

CONSIDERACIONES FINALES

Corrientes es una ciudad de aproximadamente 200.000 habitantes y sin desarrollo industrial. El ámbito rural se caracteriza por la baja densidad de población, constituyendo la ganadería extensiva la actividad dominante. Como resultado de tales características el pH y la concentración de sales disueltas en el agua de lluvia, a 7 km del centro, resultaron demostrativas de una buena calidad y un escaso o nulo grado de deterioro ambiental.

El aporte de nitrógeno es bajo y el de fósforo relativamente elevado en comparación con el conjunto de valores consignados en la bibliografía en estaciones no contaminadas. El aporte es muy inferior al de estaciones localizadas en zonas de intensa actividad industrial y densamente pobladas.

El elevado grado de correlación entre las concentraciones de nitrógeno inorgánico, fósforo y la concentración de sales disueltas sugiere un origen común a la mayoría de las especies químicas presentes. La baja relación N/P sería una característica general, distintiva de los ambientes regionales.

El trofismo de los limnótopos regionales está sometido a la influencia concurrente de variados factores determinantes, entre los que resultan de indudable ingerencia el uso de la tierra y la relación entre el área de la cuenca y el volumen de cada cuerpo de agua. Asimismo, el conjunto de observaciones realizadas en las lagunas Totoras y González resaltan la relevancia del aporte pluvial de nutrientes y la profundidad media del ambiente como condicionantes del régimen trófico.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, 1981. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 15 th ed. American Public Health Association. Washington, 1194 pp.
- BONETTO, A. A.; CORRALES, M.; VARELA, M.; RIVERO, M.; BONETTO, C.; VALLEJOS, R. y ZALAKAR, Y., 1978. Estudios limnológicos en la cuenca del Riachuelo. II. Lagunas Totoras y González. *Ecosur*, 5 (9): 17-55.
- CARO, P.; BONETTO, C. y ZALOCAR, Y., 1979. Producción primaria del fitoplancton de lagunas del noroeste de la provincia de Corrientes. *Ecosur*, 6 (11): 83-100.
- DELWICHE, C. y LIKENS, G. E., 1977. Biological response to fossil fuel combustion products. pp: 73-88. En: Stumm, W. (ed). Global Chemical cycles and their alterations by man. Berlin Dahlem Konferenzen.
- EPA, 1974. Methods for chemical analysis of water and wastes. Environm. Prot. Ag. Cincinnati, 312 pp.
- GARRELS, R. M. y MACKENZIE, F. T., 1971. Evolution of sedimentary rocks. W. Norton. New York, 398 pp.
- GOLTERMAN, E.; CLYMO, R. y OHNSTAD, M., 1978. Methods for chemical analysis of freshwater. IBP Handbook 8. Blackwell, London, 156 pp.
- GORHAM, E., 1961. Factors influencing supply of major ions to inland waters with special reference to the atmosphere. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72: 795-840.
- HERBST, R. y SANTA CRUZ, J. N., 1985. Mapa litoestratigráfico de Corrientes, *D'orbigniana*, 2: 1-51.
- LEE, G. F.; JONES, R. A. y RAST, W., 1980. Availability of P to phytoplankton and its implications for P management strategies. pp: 259-307. En: P management strategies for lakes. Ann. Arbor. Science Publishers.
- LEMASSON, L. y PAGES, J., 1982. Apports de phosphore et d'azote par la pluie en zone tropicale (Cote d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.* 15 (1): 9-14.
- LIKENS, G. E. y BORMANN, F. H., 1975. An Experimental Approach to New England Landscapes. pp: 7-30. En: Hasler, A. (ed). Coupling of land and Water Systems. Springer-Verlag, New York.
- MEYBECK, M., 1982. Carbon, Nitrogen and Phosphorus transport by world rivers. *Am. Jour. Sci.*, 282: 401-450.
- MOSELLO, R. y TARTARI, G., 1979. pH e caratteristiche chimiche delle acque meteoriche di Pallanza. *Mem. Inst. Ital. Idrobiol.* 37: 41-49.
- MOSELLO, R. y TARTARI, G., 1985. Acidificazione delle deposizione atmosferiche e delle acque interne: la situazione italiana. Atti del Congresso Internazionale "Inquinamento e recupero dei Laghi. Roma 15-18 aprile 1985.
- NEIFF, J. J., 1981. Panorama ecológico de los cuerpos de agua del Nordeste Argentino. *Symposia VI Jornadas Arg. Zool.*: 115-151.
- PEDROZO, F. L., 1985. Notas preliminares sobre el contenido de algunos nutrientes (nitrógeno y fósforo) en el agua de lluvia en los alrededores de la Ciudad de Corrientes. *Hist. Nat.*, 5 (6): 45-48.
- STUMM, W. y MORGAN, J. J., 1970. Aquatic Chemistry. Wiley, N. Y. pp: 1-583.
- TARTARI, G. y MOSELLO, R., 1983. Chimismo delle precipitazioni atmosferiche: note metodologiche e risultati. Atti del 5° Congresso della Associazione italiana di oceanologia e limnologia. Stresa. 19-22 Maggio 1982.

- VINER, A. B., 1975. The supply of minerals to tropical rivers and lakes (Uganda). pp: 227-262.
En: Hasler, A. (ed.). Coupling of land and water systems. Springer-Verlag. New York.
- WETZEL, R., 1975. Limnology. Saunders. Toronto, pp: 1-742.