

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO REACTIVO Y FÓSFORO TOTAL EN UN ARROYO RECEPTOR DE UN EFLUENTE TRATADO

Cesar Almeida, Julio Torres, Silvy Quintar, Patricia González, y Miguel A. Mallea

Área de Química Analítica . Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis.

TE: 02652 425385, Email: spgon@unsl.edu.ar.

Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar y evaluar el contenido de fósforo reactivo y fósforo total en un arroyo contaminado por el efluente de un hotel. Los muestreos se realizaron en forma bimestral durante el año 2005 y en cuatro sitios de muestreo, RD (rebalse del dique a partir del cual se forma el arroyo), EH (efluente del hotel), AC1 y AC2 (ubicados a 20 metros y 900 metros respectivamente de la mezcla del rebalse y efluente de hotel). Se realizaron determinaciones de fósforo reactivo y fósforo total utilizando los métodos descritos en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. De los resultados obtenidos se concluye que existe una clara contaminación de las aguas del arroyo por el efluente proveniente del Hotel, debido a las elevadas concentraciones de fósforo encontradas. Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son transferidos en distintas actividades de divulgación científicas.

Abstract

The aim of this work was to study and evaluate the content of reactive phosphorus and total phosphorus in a contaminated stream by the effluent of a hotel. The samplings were realized once every two months from during the year 2005 in four sites: RD (dam from which the stream is formed), EH (effluent of the hotel), AC1 and AC2 (located at 20 meters and 900 meters from the mixture of dam and effluent of hotel, respectively). Determinations of reactive phosphorus and total phosphorus were carried out using the methods describe in the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. The result showed that there exists a clear pollution of the stream waters by the effluent coming from the Hotel, due to the high concentrations of phosphorus found. The results obtained from this work are transferred in different scientific conferences.

Introducción

El fósforo es un nutriente que juega un papel importante en el desarrollo de la vida en el seno del agua, ya que si bien es imprescindible para el desarrollo de la vegetación acuática, cuando su concentración aumenta actúa de inhibidor del crecimiento de ciertas especies animales. Podría parecer, a primera vista, que es bueno que las aguas tengan abundantes cantidades de nutrientes (fósforo, nitrógeno), porque así podrían vivir adecuadamente los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia plantas acuáticas y otros organismos y cuando estas mueren, se descomponen con consumo de oxígeno, generando en el agua olores nauseabundos y disminuyendo drásticamente su calidad. El resultado final es un ecosistema casi destruido (eutrofizado).

Los sistemas acuáticos pobres en nutrientes reciben el nombre de oligotróficos, presentan aguas cristalinas, con gran biodiversidad y mayor concentración de oxígeno. Los sistemas con un enriquecimiento desmesurado de nutrientes se denominan eutróficos y presentan aguas turbias con escasa concentración de oxígeno y con una gran productividad biológica pero pobre en biodiversidad. La eutrofización es un proceso natural, pero que puede ser acelerado por la actividad antropogénica que aumenta el aporte de nutrientes a los sistemas acuáticos. Esto implica la ruptura del equilibrio ecológico que existe entre los organismos productores y los consumidores, es decir, entre la fotosíntesis y la respiración.

En cuanto a los compuestos de fósforo, podemos indicar que pueden ser de naturaleza inorgánica, ortofosfatos principalmente, u orgánica, organofosforados, fosfolípidos, fosfatos azucarados, nucleótidos, fosforilamidas. Al ión ortofosfato se lo denomina fósforo reactivo o disponible, es la forma más estable y la utilizada por algas y plantas acuáticas para su crecimiento. El fósforo disuelto en el agua puede proceder, o bien de ciertas rocas, como la apatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, o del lavado de los suelos, en cuyo caso puede tener su origen en un pozo negro, siendo la concentración de fósforo de un agua superficial dependiente de la densidad de la población de la zona, de la ganadería existente en la misma, tipos de fertilizantes usados, etc. Además existe una fuente de fósforo adicional, los detergentes polifosforados, considerándose que el 50 a 70 % del fósforo presentes en las aguas, en las zonas urbanas, proviene de los mismos.

El ión fosfato entra en los cursos de agua procedente tanto de *fuentes puntuales* como de *fuentes no puntuales*. La fuentes puntuales son lugares específicos, tales como ciudades e industrias que descargan una gran cantidad de fosfatos en el agua residual

municipal no tratada. La fuentes puntuales, son entidades como las granjas, las cuales suministran fosfatos provenientes de residuos animales y fertilizantes

El presente trabajo experimental tiene por objetivo evaluar la concentración de fósforo reactivo y fósforo total en el arroyo Las Chacras (33° 14´ S, 66° 14´ W) , el cual se genera a partir del rebalse del dique Potrero de los Funes (San Luis, Argentina) y es contaminado por los efluentes vertidos por el Hotel Internacional Potrero de los Funes. Este hotel es uno de los mas importantes hoteles de la provincia de San Luis que con una capacidad de 105 habitaciones puede alojar aproximadamente 200 personas en épocas de máximo turismo. Los efluentes cloacales tratados de este hotel son volcados sobre las aguas de este rebalse por lo que es necesario evaluar el impacto que el aporte de fósforo ocasiona en este arroyo.

Metodología

Zona de estudio: En la realización de este trabajo se efectuaron muestreos bimestrales que abarcaron las distintas estaciones del año 2005. Se seleccionaron cuatro puntos de muestreos, ubicados en el rebalse del dique (RD), en el efluente del hotel (EH), a 20 metros (AC1) y 900 metros (AC2) de la mezcla del rebalse y efluente del hotel respectivamente.

Toma de muestra: Las muestras fueron tomadas en envases de vidrios previamente lavados con HCl diluido caliente y finalmente repetidas veces con agua destilada. Las mismas se trasladaron al laboratorio refrigeradas a 4 °C y se procesaron dentro de las 6 horas de recolectadas .

Análisis realizados: Para la determinación de fósforo reactivo se realizó la determinación colorimétrica directamente en la muestra sin filtrar. Para la determinación de fósforo total primero se realizó la digestión oxidante en una muestra sin filtrar y luego la determinación colorimétrica.

- 1.- Digestión oxidante (SM – 4500-P B): que permitió la conversión de fósforo condensados y orgánico a ortofosfato. Se seleccionó el método de digestión con $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ recomendado para la mayoría de las muestras.
- 2.- Determinación colorimétrica por el método del ácido ascórbico (SM – 4500-P): en este método el molibdato amónico y el tartrato de antimonio potasio reacciona en medio ácido con ortofosfato para formar un complejo de fosfomolibdato de antimonio. Este complejo es reducido por el ácido ascórbico a un complejo de azul de molibdeno de color intenso presentando una absorbancia máxima a longitud de onda de 880 nm que es proporcional a la concentración de fósforo presente.

Instrumental utilizado

- Espectrofotómetro Hewlett Packard 8452 con detector de arreglo de diodos.
- Celdas de vidrio con una longitud de camino óptico de 2,5 cm.

Resultados y Discusión

Los resultados promedios obtenidos de fósforo reactivo y fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) en los diferentes sitios de muestreo se pueden observar en la Tabla I.

Tabla I

| Muestras | Fósforo reactivo ($\mu\text{g L}^{-1}$) | Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$) (1) | % Fósforo Orgánico |
|-----------------|---|--|---------------------------|
| RD | 36,8± 10,6 | 51,7 ± 19,6 | 28 % |
| EH | 1153,9± 187,9 | 1349,3 ± 243,5 | 14 % |

| | | | |
|------|--------------|-------------|-------|
| ALC1 | 680,2± 107,6 | 734,1±112,7 | 7,3 % |
| ALC2 | 638,3±98,7 | 674,4± 99,4 | 5,3 % |

(1)digestión oxidante

La Figura 1 muestra las variaciones de las variables analizadas por medio de graficas de barras que permiten comparar las variaciones de fósforo total y fósforo reactivo entre los distintos puntos de estudio.

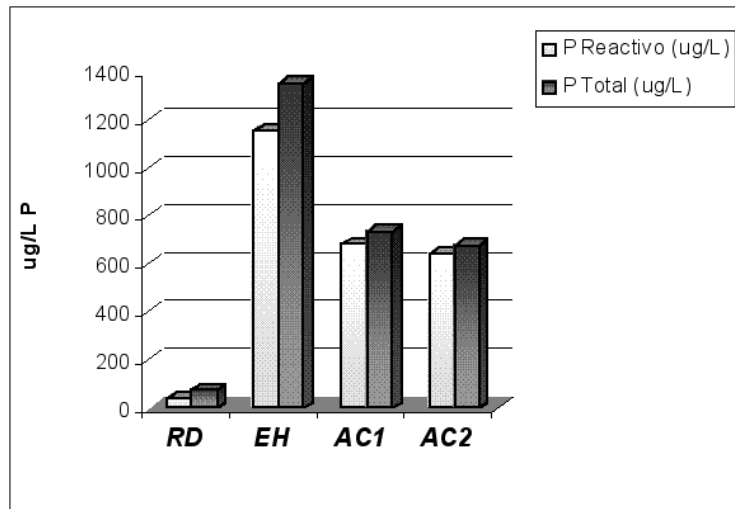


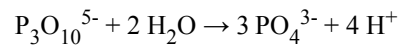
Figura 1

El rebalse del dique (RD, $51,7 \pm 19,6 \mu\text{g.L}^{-1}$) contiene una concentración de fósforo total que indicaría una incipiente eutrofización de dicho lago, de acuerdo a la clasificación de los niveles de eutrofia establecidos por la OCDE (1980) y que se muestran en la Tabla II. La relación media entre PT/PR (fósforo total / fósforo reactivo) fue igual a 1,5 por lo cual las dos terceras parte de los aportes de fósforo al embalse serían en forma reactiva soluble y por lo tanto disponible para el fitoplancton.

Tabla II

| Nivel de eutrofia | Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) |
|-------------------|--|
| Ultraoligotrófico | < 4 |
| Oligotrófico | 4 – 10 |
| Mesotrófico | 10 – 35 |
| Eutrófico | 35 – 100 |

El efluente tratado (EF) proveniente del Hotel posee una importante concentración de fósforo por la presencia de orina y materia fecal propios del metabolismo humano, de residuos de alimentos y fundamentalmente por el uso de detergentes. Los detergentes poseen como materia base el tripolifosfato de sodio -TPS- ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) que forma complejos solubles con los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , permitiendo a las moléculas y a los iones detergentes operar como agentes limpiadores eficientes. Cuando el agua de lavado que contiene un exceso de tripolifosfato entra al curso de agua, el exceso de polifosfato reacciona con el agua lentamente y se transforma en ión ortofosfato (PO_4^{3-}) de acuerdo a la siguiente reacción:



En ciertos países como Canadá y Europa se ha reemplazado el tripolifosfato de sodio (TPS) por el nitrilo acetato de sodio (NTA) que actúa en forma similar, pero que en Estados Unidos no se utiliza, a causa de la problemática asociada a su lenta velocidad de degradación que puede traer efectos nocivos para la salud en el agua para consumo humano y por su capacidad a disolver metales pesados. La tendencia actual es la de utilizar detergentes ecológicos que emplean como agentes secuestrantes zeolita, un arcilla de síntesis con una gran capacidad de intercambio para el ión calcio, además es inofensiva y acaba depositándose en el sedimento con las arcillas naturales. El uso de la zeolita es reforzada con carbonato sódico.

En los puntos de muestreo RD y EF los valores de fósforo orgánicos encontrados fueron importantes. En el rebalse del dique esto se corresponde con el estado trófico del mismo con un aporte de fósforo orgánico que proviene de la significativa productividad del mismo. En EH el fósforo orgánico procede de residuos orgánicos que aún no han sido mineralizados por bacterias presentes en este tipo de residuos.

El elevado contenido de fósforo en el efluente es aportada al arroyo de las Chacras donde se observa en AC1 y AC2 un importante crecimiento de vegetación macroscópica debido a una excesiva cantidad de nutriente (fósforo), aumento de la turbidez y olores desagradables reduciendo el valor del sistema acuático como fuente de recreación. Se observa una disminución del fósforo orgánico entre el punto AC1 y AC2 originado por la oxidación a ortofosfato, facilitada por la turbulencia del arroyo. También existe una disminución de fósforo reactivo entre estos dos puntos de muestreo por la precipitación de los iones ortofosfato con iones calcio.

Los valores de fósforo total encontrados en todos los casos superan a los recomendados por la EPA (Environmental Protection Agency), ya que su concentración no debería exceder a 100 $\mu\text{g/L}$ en arroyos que no descargan directamente en un reservorio de agua.

Conclusión

Se verifica que como consecuencia de un estado de eutrofización incipiente del dique Potrero de los Funes, el rebalse del mismo contiene una elevada concentración de fósforo total. Que los efluentes cloacales del hotel no son tratados adecuadamente y originan una importante contaminación en el arroyo estudiado.

En general, la medida más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es educar y concientizar a la comunidad de la necesidad de disminuir la cantidad de fosfatos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad de detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes en vez de verterlos y realizar un adecuado tratamiento de las aguas residuales en estaciones depuradoras de este tipo de aguas que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminan el fósforo y otro tipo de nutrientes.

Bibliografía

- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos realizado en el decenio de 1970 en 18 países) (Vollenweider *et al.*, 1980).
- APHA: 1992, *Standard Methods for the Water and Wastewater*. 18 th edition. American Public Health Association, Washington DC.
- Barrenetxea C., Perez Serrano, A; Rodríguez Vidal y Alfayate Blanco J. 2004. *Contaminación Ambiental. Una Visión desde la Química*. Ed. Thomson.

- Catalán La Fuente, J.:1981, *Química del agua*. Talleres gráficos Alonso S.A. Madrid. 423pp.
- Colin Baird. 2001. *Química Ambiental*. Editorial Reverté.
- Sven-Olof Ryding and Walter Rast . *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*, Ed. Pirámide. Madrid 1992. pp 68
- Margalef, R. *Limnología*. Editorial Omega S:A. Barcelona, 1983