

## FLUJO DE MACRONUTRIENTES DE FÓSFORO Y NITRÓGENO DEL SUBSISTEMA HIDROLÓGICO DEL LAGO COCIBOLCA

Selvia Flores Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones para los Recursos Acuáticos, Departamento de Hidroquímica,  
[selviafloress@yahoo.com](mailto:selviafloress@yahoo.com)

### RESUMEN

Con el propósito de estimar el flujo superficial de macronutrientes del subsistema hidrológico Lago Cocibolca, se cuantificó la carga por observación directa de seis de sus principales tributarios entre noviembre de 2002 y julio de 2003. Además, mediante la aplicación de un modelo se estimó la carga de toda el área superficial de drenaje.

Los tributarios Oyate y Tepenaguasapa transportaron la mayor carga observada de fósforo y nitrógeno, generada por la influencia directa del régimen hidrológico asociado con el uso del suelo predominantemente para la ganadería.

La carga total modelada de fósforo al ecosistema indica que la población es el mayor aportador. En cuanto al nitrógeno, la mayor contribución se le atribuye al uso del suelo.

En el sitio Salida del Lago el nutriente limitante es el fósforo en casi todo el período estudiado. Asimismo se clasificó en estado mesotrófico, presentando cambios mensuales desde oligotrófico hasta eutrófico.

La notable discrepancia entre las cargas observadas y las modeladas, pone en evidencia que las primeras, si se obtienen de forma sistemática expresan la realidad individual, base fundamental para la ejecución de un programa de manejo de cuencas.

**Palabras claves:** Carga de nutrientes, nutriente limitante, coeficientes de exportación, área de drenaje, eutrofización.

### INTRODUCCIÓN

Hasta la fecha no existen reportes específicos sobre la cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno) que recibe el lago Cocibolca procedente de su cuenca de drenaje a través de vertidos de aguas residuales municipales, industriales, agrícolas y pecuarias, de los ríos y de manera difusa por escorrentía superficial. Estos nutrientes son las sustancias que provocan los procesos de eutrofización en las aguas continentales. Por lo tanto, estimar el aporte anual de fósforo y nitrógeno que recibe el lago mediante la aplicación de dos metodologías diferentes, permitirá identificar las actividades humanas y las áreas que contribuyen con el mayor aporte, evaluar su estado trófico en la salida hacia el río San Juan y por ende facilitar información complementaria para la ejecución de programas de manejo de cuencas.

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### Características generales del área de estudio

La cuenca de drenaje del subsistema hidrológico Lago Cocibolca cuenta con una superficie total de 23 848 km<sup>2</sup> (19 693 km<sup>2</sup> en Nicaragua y 4 155 km<sup>2</sup> en Costa Rica). El lago Cocibolca (8 000



### Cargas modeladas de macronutrientes según el uso y sector

Del total de la carga entrante modelada para fósforo ( $317 \text{ ton a}^{-1}$ ) y nitrógeno ( $40012 \text{ ton a}^{-1}$ ) según el uso del suelo al Lago Cocibolca, la mayor contribución procede de la vertiente Este con aportes equivalentes al 69% ( $228 \text{ ton a}^{-1}$ ) y 40% ( $1605 \text{ ton a}^{-1}$ ) respectivamente, atribuidos principalmente a la actividad ganadera (MARENA-PROCUCENCA, 2003), correspondiéndole extensión superficial de su área de drenaje dedicada al cultivo de pastos 77%.

En la Figura 3 se observa que el 58% de la carga total modelada para ambos nutrientes (equivalentes a  $350 \text{ ton P}$  y  $917 \text{ ton N a}^{-1}$ ) generada por la población, procede de la vertiente Oeste. En áreas donde la población está más dispersa (el sector Sur) se identificaron cargas particularmente bajas.



Figura 2. Contribución por vertiente de la carga entrante modelada en relación al uso del suelo al Lago Cocibolca: a) Aporte de fósforo total b) Aporte de nitrógeno total

La carga anual de nutrientes procedente de la precipitación fue de 328 y 3932 toneladas para fósforo y nitrógeno respectivamente. Este aporte representa el 26% de P y el 41% de N en relación a la carga total entrante modelada.

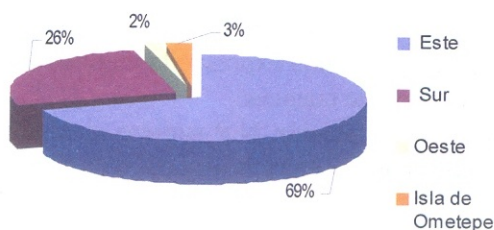


Figura 3. Contribución por vertiente de la carga entrante modelada para fósforo y nitrógeno procedente de la población al Lago Cocibolca

### Comparación entre cargas observadas y cargas modeladas

Los resultados reflejaron una notable discrepancia entre ambas metodologías. A excepción del río Tepenaguasapa, los aportes de las cargas observadas probablemente están subestimadas en relación a las modeladas, sugiriendo que para cuantificar cargas de macronutrientes bajo las condiciones hidrológicas específicas se requiere de un período de estudio mayor (al menos de tres años).

## **SALIDA DEL LAGO COCIBOLCA**

### **Concentración y descarga de macronutrientes**

La concentración mínima para fósforo y nitrógeno se registró en el mes de noviembre con 0.003 y 0.238 mg L<sup>-1</sup> respectivamente. Asimismo se reportó una mediana de 0.041 mg L<sup>-1</sup> para fósforo y 0.51 mg L<sup>-1</sup> para nitrógeno.

La carga mediana total observada para fósforo y nitrógeno que sale del Lago Cocibolca se estimó en 656 y 7602 toneladas anuales respectivamente.

### **Relación N:P y estado trófico**

Aplicando el criterio de Jørgensen y Vollenweider (1989), se determinó que el nutriente limitante es el fósforo dada la relación N:P que presentó valores de mediana y media de 15:1 y 26:1 respectivamente.

Tomando como referencia el criterio desarrollado por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) para la clasificación trófica de lagos cálidos tropicales (Salas & Martino, 2001), valor promedio de fósforo total, el lago Cocibolca se clasificó en estado mesotrófico.

## **CONCLUSIONES**

Los tributarios Oyate y Tepenaguasapa (vertiente Este) se identificaron como los mayores contribuyentes con respecto a cargas observadas.

La carga total entrante modelada de fósforo al ecosistema indica que la población es el mayor aportador (49%), seguido por la precipitación (26%).

Se identificó el sector Este como el mayor contribuyente de la carga de nutrientes generada por las actividades relacionadas con el uso del suelo y el Oeste por la población (58%).

La notable discrepancia entre las cargas observadas y las modeladas evidencia que las cargas observadas si se obtienen de forma sistemática expresan la realidad individual, base fundamental para la ejecución de un programa de manejo de cuencas.

En el sitio Salida del Lago la relación N:P sugiere al fósforo como el nutriente limitante, ubicándose en estado mesotrófico según los valores promedio de fósforo.

## **RECOMENDACIONES**

Identificar y elaborar un inventario a nivel de subcuenca de las fuentes puntuales que drenan aguas residuales municipales e industriales a los ríos del subsistema hidrológico Lago Cocibolca.

Diseñar un programa de muestreo incluyendo principalmente los períodos de descarga hídrica elevada incluyendo un mayor número de tributarios por un período mínimo de tres años.

Fortalecer financiera y técnicamente a las autoridades municipales en lo relativo a los problemas de uso del suelo y el manejo de cuencas hidrográficas con miras a disminuir el deterioro progresivo de los suelos.

Aplicar los modelos teóricos de estimación de cargas en áreas donde no sea posible realizar mediciones directas.

## REFERENCIA

American Public Health Association (APHA), 1999. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20<sup>th</sup>, Ed. Washington, D. C.

Jørgensen, S. E. y Vollenweider, R. A. 1989. *Directrices para la Gestión del Lagos*. Vol.1: Principios Generales sobre Gestión de Lagos. International Lake Environment Committee Foundation (ILEC) and the United Nations Environment Programme. Japón, 175 pp.

MARENA-PNUMA-OEA-MINAE, 1997. *Manejo Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río San Juan*. Estudio de Diagnóstico de la Cuenca del Río San Juan y Lineamientos de su Plan de Acción. Washington, D.C., 1997. 265 págs.

MARENA-PROCUENCA, 2003. Mapas geológicos y uso del suelo de las subcuencas del subsistema hidrológico Lago Cocibolca. Managua, Nicaragua.

Ryding and Rast, 1989. *Man and the Biosphere Series*. The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. Volume II. UNESCO.

Salas, H & Martino, P.. 2001. Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales. Programa Regional CEPIS/ HPE/OPS, 60 pp.