

RIESGO DE CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES ANTROPOGENICAS AL LAGO COCIBOLCA

Uso de la Herramienta de Modelo Environmental Risk System (ERS)

Yelba Flores¹, Selvia Flores¹, Steve Schill², Vincent Abreu³

¹Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Apdo. Postal 4598, Managua, Nicaragua. Correo electrónico: yelba.flores@cira-unan.edu.ni

²The Nature Conservancy. Jacinto Mañon esq. Federico Geraldino. Plaza D'Roca, Suite 401, Ens. Paraiso.Santo Domingo, Dominican Republic. sschill@TNC.ORG

³University of Michigan. 2455 Hayward St. Ann Arbor, MI 48109-2143. abreu@umich.edu

RESUMEN

El Lago Cocibolca, representa una fuente estratégica de agua para Nicaragua y la Región. Aunque se realizan esfuerzos para su conservación y manejo, no se cuenta con un plan de Gestión de la Cuenca. En este trabajo, el CIRA/UNAN, MARENA y Fundación Ciudad del Saber, han utilizado la herramienta de modelo Environmental Risk System (ERS), para definir las microcuencas que representan mayor riesgo de contaminación, evaluando las actividades económicas de 30 municipios, que se desarrollan en la cuenca del lago Cocibolca. Las actividades de la población se consideran fuentes potenciales de contaminación; entre estas son: la agricultura, la deforestación, la ganadería y los efluentes domésticos e industriales. La calidad del agua desde los tributarios, ha presentado concentraciones altas de Fósforo Total y Sólidos Disueltos, lo cual incide negativamente en la calidad del agua del Lago. Esta carga está acelerando el proceso de eutroficación del Lago. La herramienta ERS, permitió definir las microcuencas que representan mayor riesgo, lo que fue corroborado con los análisis de calidad de agua de tributarios y el lago. Los resultados pueden ser utilizados para impulsar de manera urgente un programa nacional de monitoreo y gestión para la conservación del recurso hídrico. Este trabajo sirve de base general de planificación para las instituciones involucradas en la Gestión Ambiental del Lago Cocibolca.

Palabras claves: Riesgo, Cocibolca, Modelo ERS.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Lago Cocibolca abarca un área aproximada de 15550.74 km² desde donde 18 ríos permanentes, drenan hacia el cuerpo de agua, que cubre aproximadamente 8,000 km². Cuenta con una única salida superficial, el río San Juan que sirve de frontera con el vecino país de Costa Rica. Son treinta municipios, de 7 departamentos que comparten la cuenca del lago Cocibolca, situación que le confiere mayor complejidad para su manejo. De acuerdo a las actividades que se realizan sobre la cuenca, se identifican una serie de fuentes de contaminación tanto puntuales como no puntuales. Las industrias en general descargan sus efluentes a los tributarios o directamente al lago. Los desechos líquidos y sólidos municipales, no cuentan con un adecuado tratamiento; eventualmente los contaminantes generados llegan al lago por escorrentía superficial.

Por considerarse un sistema hídrico óptimo para el desarrollo del país, los gobiernos municipales, han promovido la conservación y uso sostenible de la cuenca. Atendiendo a esta iniciativa, se creó, a través de la Ley 626, la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Hídrica del Lago Cocibolca y el Río San Juan, cuyo objetivo es coordinar la aplicación de políticas, planes y acciones ambientales y de desarrollo, para su protección y conservación. Estos planes y políticas, deben estar basadas sobre una correcta evaluación de intervención en las microcuencas, a fin de optimizar recursos humanos y financieros.



Dada la importancia del Lago Cocibolca (Figura 1) para Nicaragua y la Región Centroamericana, el Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua CIRA/UNAN, en conjunto con Fundación Ciudad del Saber y el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales MARENA, evaluó, a través de la herramienta de modelo Environmental Risk System (ERS), (Steve & Raber, 2006), el riesgo de contaminación al que está sometido la calidad del agua del Lago Cocibolca, desde sus tributarios. La implementación del modelo, con interface ArcGIS9.2, se basó en la evaluación de los factores de riesgo al ecosistema Lago Cocibolca, que consiste en la acumulación de riesgo desde las microcuencas.



Figura 1. Lago Cocibolca. Panorámica de la Isla de Ometepe.

El objetivo principal es establecer las relaciones entre las actividades antropogénicas y el riesgo de contaminación al Lago Cocibolca. De acuerdo a estas relaciones, se obtiene la representación gráfica del nivel de incidencia en la contaminación al agua del lago Cocibolca. De esta manera, los gobiernos municipales, ONG's, instituciones gubernamentales y otros, pueden enfocar las acciones de conservación y recuperación en las microcuencas que ejercen mayor presión a la calidad del agua del Lago Cocibolca. La representación de riesgo obtenida, puede servir a los tomadores de decisiones a declarar áreas protegidas, donde se presenta bajo riesgo y áreas de intervención donde se presenta alto riesgo de contaminación.

precisos del potencial de contaminación al lago, una segunda campaña de muestreo sirvió para verificar los datos de uso de suelo en su cuenca. Desde los tributarios se analizó la concentración de Nitrógeno Total (NT), PT, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y SS. Se midió T, pH y Conductividad Eléctrica (CE). Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio del CIRA/UNAN. La evaluación del uso del suelo y actividades en la cuenca, permitió determinar las fuentes puntuales y fuentes difusas de contaminación, las cuales fueron evaluadas para ser usadas en el modelo ERS.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestreo en Campo

A fin de correlacionar los resultados del modelo, con la situación del agua del Lago, se realizaron dos campañas de muestreo, casi simultáneo. La primera campaña, en el Lago, se realizó en 6 zonas de 8 sitios, para un total de 48 muestras superficiales. Se analizaron los parámetros físico-químicos de pH, conductividad, temperatura y transparencia; se evaluaron las concentraciones de Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos (SS), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Fósforo Total (PT) y Carbono Orgánico Disuelto

(COD); se midieron las concentraciones de clorofila-a, fitoplancton y bacterias totales. Para contar con datos

Modelo de Superficie de Riesgo Ambiental del Lago Cocibolca

Los datos de entrada al modelo son las actividades económicas georeferenciadas, que se dividen en fuentes puntuales y fuentes difusas de contaminación. A estas fuentes se le asigna el grado de intensidad e influencia en la calidad del agua del lago en una escala del 1 al 100, definida con el grupo de expertos participantes. También se considera la distancia de influencia de cada una de las actividades, la elevación del terreno, pendiente y precipitación. El método toma en cuenta la dirección de flujo de los tributarios. El riesgo de contaminación es acumulativo y se determina de dos formas: acumulación de flujo en los cauces y acumulación de la intensidad de riesgo por cuenca. Ambos resultados sirven de guía para los planes de manejo integrado de cuenca.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del Agua

Los terrenos de las cuencas tributarias han sido deforestados para la ganadería y agricultura. En las riberas se cultiva arroz, caña de azúcar y con intensidad plátano, en la isla de Ometepe. El control de aplicación de agroquímicos es deficiente. Predominan las industrias lácteas en las Cuencas del Este (Boaco y Chontales). Atendiendo al uso del suelo se tomaron variables físico-químicos que permiten identificar el tipo de contaminante que drena hacia el lago.

La calidad del agua desde los tributarios es variada. Los valores de pH fluctuaron entre 7.05 y 8.50 (Mayales y Oyate, respectivamente), la conductividad eléctrica (CE) osciló entre 65.9 a 728.0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. En los ríos Tule, Camastro, Piedra, Oyate, Acoyapa, Mayales y Malacatoya, son superiores a 250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; relativamente anómalos para ríos sobre medio rocoso. Los ríos Tule, Camastro, Piedra, Oyate, Acoyapa, Mayales, Malacatoya, Sapoa y Sábalo, presentan las mayores concentraciones de PT (0.054-0.602 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sobre los valores recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA), para prevenir los procesos de eutrofización en cuerpos de agua lóticos. El río Mayales registró la mayor concentración de NT (1.5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), seguido por el Tule (0.85 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), Camastro (0.71 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y Acoyapa (0.63 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Las aguas servidas presentan una concentración de PT de 25.09 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para la ciudad de Boaco (vertido doméstico crudo), 16.33 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para Rivas (efluente parcialmente tratado) y 10.11 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para Granada (efluente tratado), indicando deficiencia en el tratamiento.

La DQO en los efluentes de aguas domésticas fue de 1690.14 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para Boaco, 306.73 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para Rivas y 237.87 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para Granada (éstas últimas con tratamiento parcial). Los valores se presentan superior a los establecidos por el decreto 33-95 (180 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de DQO), para efluentes de aguas tratadas de industrias y alcantarillados a cuerpos de agua receptores. En los efluentes domésticos de las ciudades de Boaco (sin tratamiento), Rivas y Granada (con tratamiento primario), se reportaron valores altos de SS, (1253 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, 165.71 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y 147 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente). Considerando el valor reportado por Metcalf Eddy, 1981., de entre 100 a 350 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, para aguas sin tratar, es notorio la ineficiencia del tratamiento en las ciudades mencionadas. Toda esta carga contaminante drena hacia el Lago, sumado a las presiones internas de

la Isla de Ometepe y el cultivo de tilapia. El sistema lacustre sufre cambios en su composición química y simplificación en la estructura biótica.

Para el lago Cocibolca, se ha comparado los resultados actuales, con los obtenidos durante el Estudio PROCUENCA, (CIRA/UNAN-MARENA, 2002-2003); el pH registra poca variación (7.69-8.49 en 2002 y 7.86-8.95 en 2006). Para 2003, se concluyó que durante un período de 9 años, la concentración de NT en el lago se triplicó (1994: 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 2003: 382 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) y la de PT se duplicó (1994: 26 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 2003: 47 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). (García Galán, 2004). Estos cambios coinciden con variaciones de uso de suelo. (Vammen et al, 2006). Para el año 2006, la concentración promedio de PT fue de 53 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, notándose claramente el proceso de eutrofización.

Las Cyanophytas presentaron la mayor concentración de biomasa con aporte al peso húmedo de 99%, sobresaliendo la especie *Microcystis aeruginosa* en muestras superficiales, indicadora de eutrofización. La concentración de clorofila-a para Mayo de 2006 osciló entre 57.79 y 38.67 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Los valores obtenidos de Chl-a, están dentro del rango de 10-500 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, en el cual se considera la condición eutrófica del cuerpo de agua. (Manville, 1999).

Superficie de Riesgo Ambiental

En la evaluación del riesgo, las zonas agropecuarias se valoran como de mayor intensidad, debido a la deforestación y la aplicación de agroquímicos. Las zonas de pendiente mayor de 30%, se consideran vulnerables a la erosión. Integrando las variables de modelo de fuentes puntuales, pendiente, distancia, precipitación y dirección de flujo, se ha obtenido la imagen de Superficie de Riesgo Ambiental para las microcuencas que drenan al Lago Cocibolca (Figura 2) y desde su cauce principal (Figura 3). Se observa entonces que las microcuencas de Malacatoya, Tepenaguaspa, Frío y Zapote ejercen alta presión a la calidad de agua del lago Cocibolca. Las microcuencas Tecolostote, Mayales, Acoyapa y Oyate, Sapoa y las microcuencas del sur, ejercen presión moderada, mientras que desde el Volcán Mombacho, El Pital, La isla de Ometepe y las Cuencas de Rivas y Granada excepto Ochomogo, ejercen una baja presión, que puede deberse a su poca intervención.



Figura 2. Superficie de Riesgo Ambiental Microcuencas Lago Cocibolca.

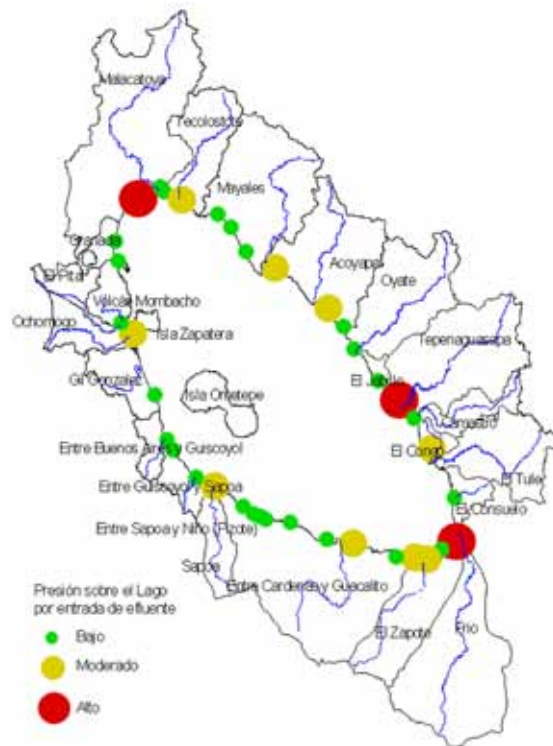


Figura 3. Riesgo Ambiental desde los tributarios.

CONCLUSIÓN

A través de la Herramienta de Toma de Decisiones Environmental Risk System (ERS), se determinó que las microcuencas que representan mayor riesgo a la calidad del agua del Lago Cocibolca son Malacatoya y Tepenaguasapa al Este y Zapote y Frio al Sur, Los resultados del Modelo, son concordantes con los datos de calidad de agua de estos ríos, por las concentraciones altas de Fósforo y Sólidos Disueltos Totales. Las microcuencas que presentan mayor riesgo, deben ser consideradas zonas prioritarias de intervención, mientras que las que presentan menor riesgo, pueden ser tomadas en cuenta como zonas de protección.

AGRADECIMIENTO:

Agradecemos la colaboración de la Organización The Nature Conservancy por el apoyo técnico brindado y la donación del programa ArcGIS, a la Fundación Ciudad del Saber por el financiamiento del Proyecto. Reconocemos además la cooperación del personal de SINIA-MARENA, especialmente a la MSc. Carolina Coronado, coordinadora SINIA-MARENA, durante el período de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- CIRA/UNAN-MARENA. (2002-2003). Síntesis de los Estudios Básicos Cuenca del Río San Juan. Managua: ARDISA.
- García Galán, R. A. (13-14 de Mayo de 2004). Evaluación Trófica del Lago Cocibolca. XIII CONGRESO CIENTIFICO, UNAN-MANAGUA. Managua, Nicaragua.
- Manville, S. S. (1999). A brief treatise on Eutrophication of Lakes. Recuperado el 2008, de Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax: www.chebucto.ns.ca/ccn/info/Science/SWCS/ZOOBENTH/PRIMER1/trophic.doc
- MINAE, MARENA, FMAMA-PNUMA, SG-OEA. (2004). Diagnóstico Ambiental Transfronteriza Procuena San Juan. Managua: ARDISA.
- Steve, S., & Raber, G. (2006). Sistema de Apoyo a las Decisiones (DSS) para Identificar Brechas en Áreas Protegidas con ArcGIS 9.1. MANUAL DEL USUARIO y CURSILLO. The Nature Conservancy.
- Vammen, K., Pitty, J., & Montenegro Guillén, S. (2006). Evaluación del Proceso de Eutroficación del Lago Cocibolca, Nicaragua y sus Causas en la Cuenca: causas, consecuencias y tecnologías para manejo y control. EUTROSUL, 35-58