

Análisis estadístico de la información secundaria relacionada con el humedal Lago del Parque Norte de Medellín-Antioquia para dar bases al modelo dinámico del mismo, con el fin de proponer medidas de biorremediación

Esteban Higueta García, Estudiante Ingeniería Matemática

February 13, 2015

Universidad EAFIT

Escuela de Ciencias y Humanidades

Programa de Ingeniería Matemática

Tutor: Julio Cesar Hurtado Alarcon, Magíster en Ciencias - Bosques y Conservación Ambiental, estudiante de Doctorado en Ecología, docente de la Universidad EAFIT.

Co-Tutor: Nelson Gil Patiño, Doctor en Bosques y Conservación Ambiental. Gerente de la empresa In Sithu. Restauración De Humedales SAS.

Introducción

Los lagos pertenecen a la categoría de aguas quietas o lénticas. Por definición, un lago es una extensión de agua rodeada de tierra por todas partes[8]. Desde el punto de vista limnológico, el lago se describe como un sistema tropical raso de características eutróficas e hipereutróficas, lo que significa que en sus aguas se encuentran altas concentraciones de nutrientes [3]. Esta característica es atribuible tanto a las condiciones propias del sistema como a una situación de deterioro de la calidad de agua generada por fuentes de contaminación difusa que descargan en el lago a través de flujos superficiales y subterráneos.

La contaminación afecta la calidad del agua en los lagos y otros recursos de agua dulce en todo el mundo. Puede tomar muchas formas de fuentes industriales, agrícolas o municipales; algunos ejemplos comunes incluyen pesticidas, herbicidas, alcantarillado y basura. Los lagos a menudo contienen altos niveles de contaminación en relación con los paisajes de los alrededores y el medio

ambiente. Los ríos y arroyos desaguan contaminantes del paisaje donde se concentran en los lagos y otros cuerpos de agua. Las especies acuáticas, como los peces están altamente contaminados debido a que algunos contaminantes no se disuelven fácilmente, ni diluyen en agua y en cambio se recogen en los organismos. Algunas especies de organismos acuáticos son especialmente sensibles a la contaminación; se utilizan como indicadores de contaminación y se denominan bioindicadores. Como los lagos drenan un gran paisaje de los alrededores, estos reflejan los procesos y acciones que operan en torno a ellos. Cuando se derraman productos químicos, que pueden drenar en los arroyos cercanos y ser transportados aguas abajo a los lagos[9].

Actualmente la gestión ambiental no se puede limitar únicamente al control de impactos, sino que debe considerar el ecosistema como un sistema complejo donde muchas variables interactúan y generan cambios que no pueden predecirse analizando sólo una parte del mismo. En este sentido, la gestión ambiental puede profundizar su campo de acción y considerar el potencial de restauración de un ecosistema, el cual puede verse aumentado si se consideran las nuevas herramientas al alcance del investigador, tales como la biorremediación y la ecotecnología[1].

El lago del Parque Norte está localizado en la ciudad de Medellín (Antioquia, Colombia) en las coordenadas (06° 04' N; 75° 33,4' W). Se encuentra dentro del parque del mismo nombre y se ha convertido en un referente urbano entre los habitantes del Valle de Aburrá como escenario ecológico, paisajístico y recreativo. La gestión del lago y el parque que lo circunda se halla a cargo de Metroparques desde hace más de 25 años [4]. En el estudio realizado por la Universidad de Antioquia para Metroparques como producto del Convenio 4600021514 de 2009, se caracterizaron los flujos de entrada al lago del Parque norte, encontrándose que el sistema es alimentado por flujos subterráneos provenientes del sur-sureste, por el acuífero asociado al río Medellín, que corre en la margen occidental del lago y, en menor medida, por flujos subterráneos provenientes del oriente de la ciudad [4].

El mismo diagnóstico reconoce que no han sido cuantificados los aportes de cada uno de los flujos entrantes a la concentración de contaminantes en el lago, ni se ha hecho un estudio que mida la respuesta de este sistema ante los cambios en las condiciones ambientales generadas por las temporadas de lluvia y estiaje, entre otras. Por consiguiente, tampoco se dispone de una herramienta de gestión que arroje luces sobre las estrategias que deben seguirse en el manejo del lago, ni existe la capacidad de predecir la efectividad de una intervención en el mismo. Esto es un severo limitante si se quiere establecer un programa de mejoramiento de la calidad con metas sólidas y perdurables en el tiempo.

Los flujos que alimentan el lago del Parque Norte de la ciudad de Medellín han sido diagnosticados con condiciones de contaminación crónica e irreversible en el mediano plazo, por cuanto el río Medellín recibe la descarga de seis municipios del Área Metropolitana antes de pasar por el parque y el acuífero circundante, incluyendo el emplazamiento mismo del lago, ha sido afectado por antiguos lugares de disposición de basuras [4].

Se han planteado diversos estudios, recientes, para el Lago del Parque Norte,

desde la Variación temporal de la condición trófica (Moreno-Arbeláez y Ramírez-Restrepo, 2010) hasta intervenciones para la implementación de estrategias ambientales que aporten al manejo sostenible del lago [4]. Sin embargo, no se encuentra fácilmente en la literatura estudios desde una visión matemática, por ejemplo, implementando un modelo matemático como herramienta para su entendimiento.

Los modelos matemáticos de los ecosistemas son considerados simplificaciones de la realidad y los datos en que se basan, son generalmente escasos e inciertos. Los modelos matemáticos son cada vez más utilizados en la gestión ambiental, principalmente porque permiten relacionar de forma cuantitativa los impactos ejercidos sobre un ecosistema con los cambios en el estado ecológico del mismo. En particular, los modelos de ecosistemas acuáticos han tenido un gran auge en las últimas décadas y han encontrado un amplio rango de aplicaciones en la gestión de lagos, embalses y otros reservorios de agua [1]. La calibración de los grandes modelos complejos depende de supuestos y decisiones arbitrarias, y con frecuencia los procedimientos de calibración no tratan adecuadamente la incertidumbre en los datos que describen el sistema en estudio [5]. Para la correcta construcción de un modelo matemático se debe realizar un análisis de las principales variables que lo describen en conjunto a la probabilidad de que los datos analizados sean cercanos a la realidad, en consecuencia, gran parte de la incertidumbre y arbitrariedad en la modelización ecológica es inevitable, debido a lo práctico, así como limitaciones teóricas, las predicciones basadas en modelos, al menos, debería revelar su dependencia, y la sensibilidad a la incertidumbre y suposiciones arbitrarias.

Por tal motivo se propone la construcción de un modelo matemático para el ecosistema del lago del Parque Norte, que se constituya como herramienta de diagnóstico y gestión de este ecosistema; se utilizará para visualizar las causas y mecanismos que impulsan el deterioro de la calidad ecológica del sistema. Este conocimiento permitirá evaluar y seleccionar estrategias de intervención que minimicen o reviertan los impactos negativos sobre el sistema, interviniendo lo menos posible en su funcionamiento natural y buscando la economía del proceso. Teniendo esto en cuenta se dará prioridad al uso de técnicas de biorremediación que potencien la capacidad autodepuradora natural del sistema, así como también de ciertos criterios económicos y de sostenibilidad del proceso en el tiempo. El modelo también podrá ser utilizado para evaluar el funcionamiento del ecosistema bajo estas u otras condiciones de intervención, claro que esto se debe dar en estudios futuros.

Objetivos general y específicos

Objetivo General

Analizar estadísticamente la información secundaria relacionada con el humedal Lago del Parque Norte de Medellín-Antioquia con la finalidad de brindar bases para estudios tendientes a biorremediación mediante modelación matemática.

Objetivos específicos

- Comprender la relación existente entre las variables físicas, químicas y biológicas más representativas y claves en el funcionamiento ecológico del lago.
- Seleccionar adecuadamente datos de tipo cuantitativo que describan el ecosistema acuático desde investigaciones previas.
- Sintetizar los datos seleccionados a través de la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas.
- Proponer variables significativas para estructurar el modelo dinámico que modula el funcionamiento ecológico del Lago del Parque Norte.

Justificación

La propuesta investigativa pretende brindar un probable mejoramiento de la calidad microbiológica del Lago del Parque Norte, se centra en la remediación in situ de la contaminación.

En un carácter académico éste proyecto investigativo cabe perfectamente por el motivo de que merece un alto uso de las capacidades investigativas, comunicativas y trabajo en equipo para su realización, en virtud a que los temas tratados son altamente transversales a modelación matemática, estadística multivariada, y por supuesto, biología, en especial, limnología. Contribuyendo al inicio de un proyecto empresarial con fines sociales, ambientales y económicos gracias a que el Lago del Parque Norte de Medellín - Antioquia, tiene fines ecológicos, paisajísticos y recreativos.

El proyecto principal bajo el cual se enmarca esta investigación es financiado por Metroparques, entidad gubernamental; liderado por la empresa In Sithu. La intención principal del uso de la modelación matemática es que esta sea una herramienta que permita la reducción de los costos de la biorremediación de la contaminación con la que hoy cuenta éste lago.

Alcance

El proyecto está enfocado en primera instancia al uso de datos históricos para la identificación de variables claves con el que se pretende contribuir al entendimiento del funcionamiento ecológico del lago, con el fin de contribuir a la primera fase del proyecto que lleva a cabo la empresa In Sithu denominado: MODELACIÓN AMBIENTAL DESTINADA A EVALUAR ALTERNATIVAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA LAGUNA DEL PARQUE NORTE, MEDELLÍN- COLOMBIA. Sin embargo, se necesitarán de otras propuestas investigativas a un mayor plazo de tiempo y recursos para entregar un producto de valor intelectual como una publicación. No obstante, los análisis aquí generados serán postulados a ser presentados en congresos afines al tema.

Metodología propuesta

El proceso de modelación se iniciará propiamente con la revisión de la información secundaria que trate el tema del componente acuático del lago, como por ejemplo: balance hídrico del lago, caracterización limnológica, estado sanitario y estrategias ambientales que aporten al manejo sostenible del lago del Parque Norte localizado en el municipio de Medellín, entre otros.

A través de la revisión y análisis de la información de investigaciones realizadas en este ecosistema acuático, se seleccionará los datos de tipo cuantitativo, los cuales se incorporarán en una serie de matrices para su posterior análisis exploratorio de tipo estadístico. A esta información se le analizará los métodos empleados para su recolección, la frecuencia de muestreo, el diseño experimental, la variabilidad existente y la significancia de sus resultados.

Posteriormente, una vez estructuradas las matrices adecuadas, se aplicarán métodos estadísticos multivariados en su mayor porcentaje, entre ellos Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis del Factor (AF), Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), Análisis Cluster (AC) y Análisis de Correlación Canónica (ACCa). La finalidad de este proceso, radica en buscar las variables más representativas y claves en el funcionamiento ecológico del lago, como también comprender la relación existente entre ellas. La resultante del análisis estadístico, como se menciona anteriormente, es el primer paso para estructurar el modelo dinámico que modula el funcionamiento ecológico del lago del Parque Norte; es decir, con las variables claves y de mayor peso elegidas, se realizará un proceso iterativo con diferentes modelos matemáticos citados en la literatura, orientados a determinar la calidad ecológica del agua, tratando de vislumbrar el problema de investigación que gira alrededor de la contaminación de la matriz agua y sedimentos.

Seguidamente, se configurará el diseño experimental de mayor afinidad para cuantificar y explicar las variables, que están modulando la contaminación de la matriz de agua y sedimentos presentes en la cubeta del lago, las que entrarán a conformar y generar un modelo de un sistema dinámico de ecuaciones diferenciales no-lineal.

Cronograma de actividades

Tareas:

1. Apropiación y revisión de la información secundaria que trate el tema del componente acuático del lago.
2. Selección de datos de tipo cuantitativo que describan el ecosistema acuático desde investigaciones previas.
3. Sintetización de los datos seleccionados.
4. Proponer variables significativas para estructurar el modelo dinámico que modula el funcionamiento ecológico del lago del Parque Norte.

5. Escritura de Informe Final.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Tarea 1	x	x	x	x	x														
Tarea 2						x	x	x	x										
Tarea 3										x	x	x	x						
Tarea 4														x	x	x	x		
Tarea 5																		x	x

Propiedad Intelectual

El proyecto esta enmarcado bajo la contratación de la empresa gubernamental Metroparques que realizó con la empresa privada In Sithu, la propiedad intelectual debe acogerse tanto esta contratación como al Reglamento de propiedad intelectual de la Universidad EAFIT.

Bibliografía

- [1] Jørgensen, S. (2005). The Use of Mathematical Modelling in Lake and Reservoir Management. En S. Jorgensen, H. Loffler, W. Rast, & M. Straskraba, Lake and Reservoir Management (pág. 502). Elsevier B. V.
- [2] Metroparques. (2013). Parque Norte. Recuperado el 2 de Octubre de 2014, de <http://www.parquenorte.gov.co/web/>
- [3] Ramírez, J. J. (1987). Contribución al conocimiento de las condiciones limnológicas de la Laguna del Parque Norte. Actualidades Biológicas 15 , 12-30.
- [4] Secretaría de Medio Ambiente; Metroparques. (2010). Convenio interadministrativo de cooperación para la implementación de estrategias ambientales que aporten al manejo sostenible del lago del Parque Norte localizado en el municipio de Medellín. Medellín, Colombia.
- [5] Fedra K., Van Straten G, Beck M.B., Uncertainty and arbitrariness in ecosystems modelling: A lake modelling example, Ecological Modelling, Volume 13, Issues 1-2, June 1981, Pages 87-110, ISSN 0304-3800, [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800\(81\)90008-9](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800(81)90008-9).
- [6] L. Somlyódy, Modelling a complex environmental system: The lake Balaton study, Mathematical Modelling, Volume 3, Issue 5, 1982, Pages481-502,ISSN0270-0255,[http://dx.doi.org/10.1016/0270-0255\(82\)90044-6](http://dx.doi.org/10.1016/0270-0255(82)90044-6).
- [7] Moreno-Arbeláez Diana, Ramírez Restrepo John J. TEMPORAL VARIATION OF TROPHIC CONDITION IN THE LAKE OF THE PARQUE

NORTE, MEDELLÍN (ANTIOQUIA), COLOMBIA. Grupo de Investigación de Limnología Básica y Experimental (LimnoBasE). Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. A. A. 1226. Medellín (Antioquia), Colombia. (<http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v32n92/v32n92a7.pdf>)

- [8] Roldan Perez Gabriel. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edicion, agosto de 1992.(pág 77).
- [9] Hicks Sarah. Lake scientist. Febrero 9 2015. Universidad Estatal de Kent. (<http://www.lakescientist.com/lake-facts/water-quality/>).