



Coloquio Internacional de Estudiantes Geografía y Medio Ambiente

Implementación del modelo numérico de calidad del agua WASP para la evaluación del fenómeno de eutrofización del embalse El Pañe

Mamani Larico, Albert Johan (albert.johan.unsa@gmail.com)
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Facultad de Letras y Ciencias Humanas
Especialidad de Geografía y Medio Ambiente



PUCP

Resumen

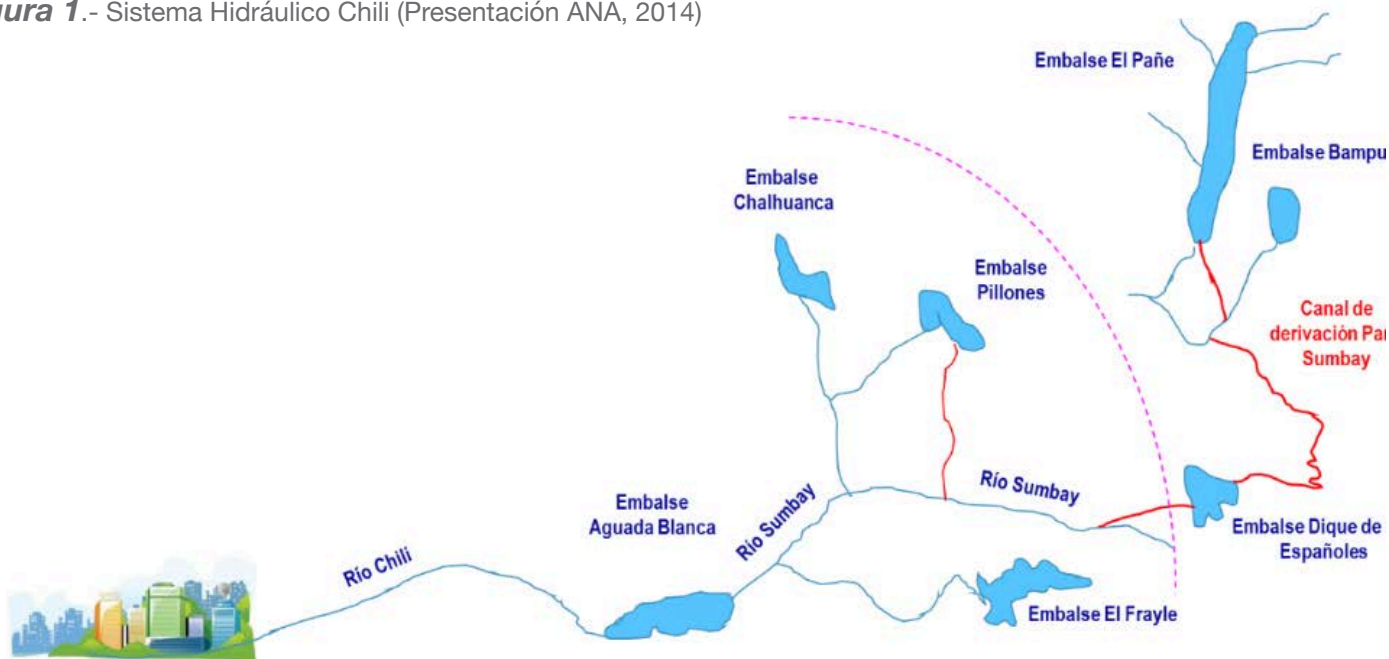
La actual gestión frente a la problemática del fenómeno de eutrofización presente en el Sistema hidráulico Chili, en particular el embalse El Pañe, está basada en monitoreos exploratorios que requieren de estudios técnicos como la simulación con modelos numéricos, por lo que este proyecto se enfoca en la calidad del agua, realizándose una simulación en estado estacionario con el modelo WASP, siendo las variables simuladas: nitrato, fosfato, amonio, Oxígeno disuelto, Clorofila-a, temperatura del agua, fósforo total y nitrógeno total. Se realizó un análisis de sensibilidad de donde se obtuvo que el flujo béntico tiene una influencia estimada del 61% sobre el fitoplancton (clorofila-a) para un aporte continuo de 5 mg/m²-día tanto para amonio como para fosfato, la actividad acuícola influye en un 27.7% y se determinó que la cantidad de clorofila no cuantificada es de 75.8%. Esto brinda un panorama sobre los efectos de los principales factores que afectan a la calidad del agua del embalse El Pañe, permitiendo establecer medidas preventivas y de ser necesario de medidas de mitigación consistente principalmente en la estabilización de los sedimentos.

Palabras clave: WASP, eutrofización, calidad, embalse, El Pañe.

Introducción

La calidad del agua en los embalses del Sistema Regulado del Chili, que abastecen a la población de la ciudad de Arequipa, se ha visto afectada por el fenómeno de eutrofización presente en gran parte de estos embalses (Pareja, 2015), siendo el embalse El Pañe el más afectado, el cual ha traído problemas en los usos del agua, haciéndose evidente este problema en setiembre del 2014 cuando la población de la ciudad de Arequipa percibió características organolépticas inusuales del agua suministrada por SEDAPAR. (Redacción La República, 2016).

Figura 1.- Sistema Hidráulico Chili (Presentación ANA, 2014)



Las plantas de tratamiento de SEDAPAR por su inadecuada infraestructura para el tratamiento de agua con presencia de altas concentraciones de fitoplancton resultan vulnerables (Mesa Regional de trabajo - Arequipa, 2014), esto indicaría el riesgo de la presencia de posibles toxinas que podrían generarse alcanzando el agua de consumo humano.

Frente a esta situación, las entidades involucradas (AUTODEMA, ANA y SEDAPAR), realizaron muestreos de la calidad del agua a fin de tomar decisiones, siendo estas muestras insuficientes para comprender el comportamiento del fenómeno de eutrofización debido a que muestran las concentraciones de los parámetros solo en el instante del muestreo.

Figura 2.- Muestreo hidrobiológico Embalse El Pañe (ANA 2014)

Actualmente los procesos de modelación en recursos hídricos en el Perú, se han centrado en simulaciones hidrológicas e hidráulicas atendiendo a los problemas de oferta y demanda, siendo esta herramienta muy importante en todos los estudios de disponibilidad Hídrica, sin embargo, en los estudios de calidad del agua, aun no se ha considerado el uso de esta herramienta, la cual frente a este complejo problema de eutrofización hace necesario su uso. De esta forma, este trabajo busca Implementar un modelo numérico de la calidad del agua con fenómeno de eutrofización del embalse El Pañe que contribuya a una adecuada gestión del mismo.

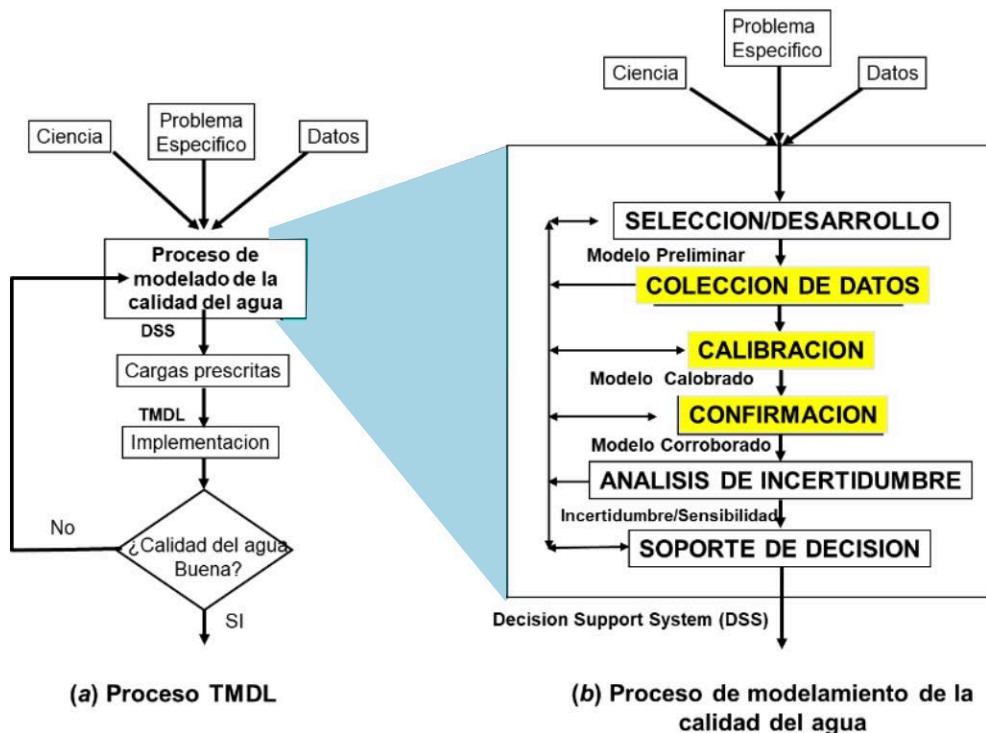
El embalse El Pañe se encuentra en un área tripartita Arequipa – Cusco – Puno, sobre el río Negrillo, ubicado en UTM WSG 1984 en la zona 19S entre las coordenadas X: 277500 y 287500 y entre las coordenadas Y: 8292500 y 8310000 y presenta una geomorfología alargada, conformando parte de la cuenca Colca – Majes – Camaná y le corresponde según el sistema Pfafstetter la clasificación 13498, unidad hidrográfica Alto Camaná. Así mismo, el embalse presenta el desarrollo de la acuicultura de menor escala.



Metodología

El procedimiento seguido en este caso es el presentado por Steven Chapra para la implementación de los TMDL, como se muestra en la figura 3:

Figura 4.- Proceso de modelamiento de la calidad del agua (Adaptado de Steven Chapra,2009).



Se seleccionó al modelo WASP a partir de una evaluación cualitativa de los modelos de calidad de agua disponibles de los que destacan AQUATOOL, BASINS, EFDC, MIKE 21 ECOLAB. Los datos de calidad del agua usados (NH₄, NO₃, PO₄, OD, Temperatura, Nitrógeno total, fósforo total, clorofila a) fueron los adquiridos de entidades públicas como AUTODEMA, ANA y SEDAPAR, los cuales fueron complementados con una campaña de 6 meses para la toma de muestras de nutrientes. La información geomorfológica e hidrológica del embalse se obtuvo del PAMA del embalse El Pañe elaborado por AUTODEMA, mientras que la información meteorológica se obtuvo de las estaciones de SENAMHI cercanas al embalse siendo los parámetros necesarios velocidad del viento, radiación solar, punto de rocío y temperatura de aire diarias.

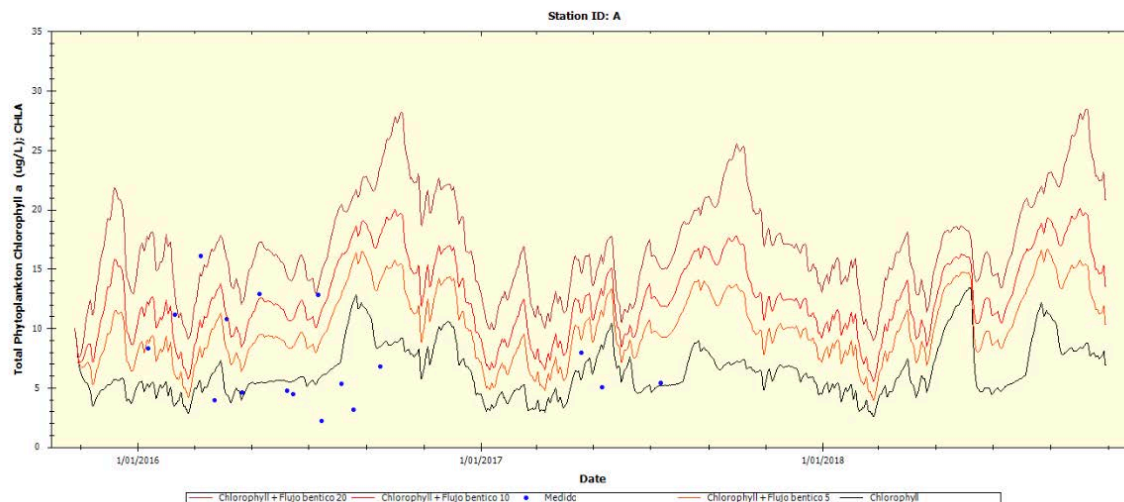
Se realizó un análisis de nitrógeno amoniacal, nitratos y fosforo total en los alimentos para peces para el cálculo del aporte de nutrientes por la actividad acuícola, siendo esta estimada en base a la información proporcionada por los propios piscicultores de su producción anual Posteriormente se realizó la calibración del modelo con la técnica “prueba y error” para lo cual se hizo uso del software WRDB plot que calcula estadísticos de calibración como El Error Absoluto Medio (Mean Absolute Error, MAE), la Raíz del error Cuadrático Medio (Root Mean Square Error, RMSE) y el índice de aceptabilidad (Index of Agreement).

La calibración del modelo se realizó con los parámetros obtenidos de las entidades competentes y los valores simulados siendo el embalse dividido en 11 bloques en base a la distribución de la actividad acuícola y distancia de longitud máxima Finalmente dado la preocupación de la eutrofización por parte del sedimento se simulo un aporte de nutrientes desde el sedimento o flujo béntico en concentraciones de 5, 10 y 20 mg /m2-día tanto para amonio como para fosfato.

Resultado

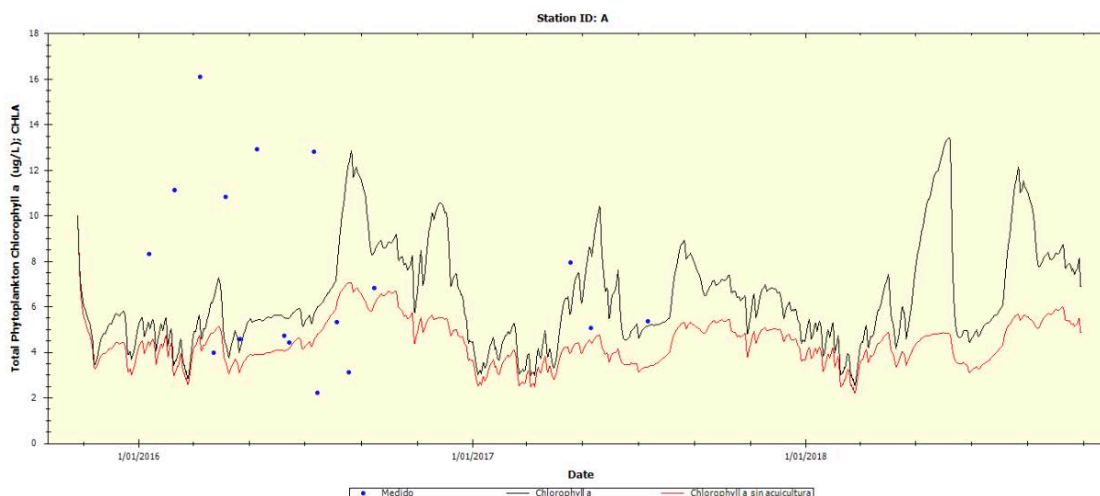
Se evidencia en el impacto del flujo béntico en el comportamiento de la clorofila a el cual se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5.- Simulación con flujo béntico y su efecto en clorofila-a (Elaboración propia)



Para un flujo béntico de 5 mg/m²-día se tiene un incremento de 3.68 ug/l (61% de variación); para un flujo béntico de 10 mg/m²-día, se tiene un incremento de 6,27 ug/l (105% de variación); y para un flujo béntico de 20 mg/m²-día se tiene un incremento de 10.61 ug/l de Chl-a (179.5% de variación), esto se puede apreciar en la figura 5.

Figura 6.- Simulación sin acuicultura y su efecto en clorofila-a (Elaboración propia)



En la figura 6 se observa una disminución de 1.96 ug/l correspondiente a 27.67% de variación por debajo del evaluado. Este panorama de omisión de la actividad acuícola no presenta variación significativa para los demás nutrientes, salvo para el fosfato (PO₄) el cual tendría una disminución de 0.28 mg/l que corresponde a 53.83 % de disminución sobre lo evaluado en condiciones normales.

Discusión

Del resultado del impacto del flujo béntico, se esperarí encontrar al menos un aporte de 5 mg/m²-día de amonio y fosfato, lo que lo hace imperante la determinación de las tasas de flujo béntico de (amonio y fosfato) del sedimento hacia la columna de agua, a lo largo del embalse para cuantificar su influencia en el fenómeno de eutrofización, esto permitiría evaluar las medidas de estabilización del sedimento de ser el

necesario. Esta determinación sería fundamental para el uso de estabilizadores como Phoslock™ (arcilla modificada de Lantano), Calcita, Alumbre y zeolita modificada; cada uno con sus propias características que confieren de ventajas y desventajas sobre el medio donde se aplique, por lo que requiere de un cuidadoso estudio de su eficiencia sobre el medio acuático a aplicar. Por otro lado, es de interés nacional el desarrollo de la acuicultura, ya que esta es una manera energéticamente eficiente de producir proteína consumible que hace necesario la búsqueda de su diseño y operación de tal manera que se logre su optimización y sostenibilidad ambiental. Por lo que se requiere de un sistema de soporte de decisión que determine el aporte real de la actividad acuícola por medio de modelos bioenergéticos de peces y su influencia en el cuerpo de agua mediante un modelo de calidad de agua como el desarrollado en el presente trabajo para evaluar la efectividad de las medidas de control pertinentes.

Conclusión

Se implementó el modelo WASP para la evaluación de la eutrofización del embalse el Pañe determinando que el flujo béntico tiene un impacto significativo en el comportamiento del fitoplancton, (afectación del 61 -180%); así mismo la actividad acuícola influye en un 27.7% sobre el fitoplancton y sobre el fosfato en un 53.8%, cabe destacar que esta es una primera aproximación que desestima el consumo de alimentos por los peces, lo cual resultaría necesario cuantificar el real impacto de la actividad acuícola y proponer sistemas de gestión acordes a la problemática presente y buscando el desarrollo de una actividad acuícola sostenible.

Bibliografía

AUTODEMA. (2011). Programa de Adecuación y Manejo Ambiental - PAMA- de la Represa El Pañe. Arequipa: Gobierno Regional de Arequipa.

Autoridad Nacional del Agua. (2014). Evaluación integral de la calidad del agua de los embalses y ríos que conforman el sistema hidráulico Chili -Arequipa. Lima: Informe técnico 021-2014-ANA-DGCRH/GOCRH.

Chapra, S. C. (2003). Engineering Water Quality Models and TMDLs. JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT, 247-256.

Chapra, S. C. (2003). Surface Water Quality Modeling. New York: Mc-Graw Hill.

Engel, B., Storm, D., White, M., Arnold, J., & Arabi, M. (2007). A HYDROLOGIC WATER QUALITY MODEL APPLICATION

- PROTOCOL. JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION, 14.
- EPA.** (2002). Guidance for Quality Assurance Project Plans for Modeling. Washington: EPA/240/R-02/007.
- EPA.** (2005). TMDL Model Evaluation and Research Needs. Ohio: EPA/600/R-05/149.
- Giannuzzi, L.** (2009). Cianobacterias y Cianotoxinas. Buenos Aires: El Autor.
- Gobierno Regional de Arequipa.** (2015). Plan Regional de Arequipa de Arequipa 2015-2024. Arequipa: Ministerio de Produccion.
- Jiménez, P. A., Alemany, V. E., Alberola, M. C., & Solano, y. F.** (2003). Metodología para la calibración de modelos de calidad de aguas. Ingeniería del Agua, 16.
- Korfmacher, K. S.** (1998). Water quality modeling for environmental management: Lessons from the policy sciences. Policy Science, 35-54.
- Loucks, D. P., & Beek, E. v.** (2005). Water Resources Systems Planning and Management. Paris: UNESCO.
- Mesa Regional de trabajo - Arequipa.** (2014). Alternativas de Solución a la Problemática de la Calidad Hidrobiológica del Agua para el Consumo Humano en la Provincia de Arequipa. Arequipa: Acuerdo Regional N° 111-2014-GRA/CR-AREQUIPA.
- Ministerio de la Produccion - Peru.** (04 de 05 de 2017). Catastro Acuicola Nacional. Obtenido de <http://catastroacuicola.produce.gob.pe/web/>
- Monerris, M. M., & Domenech, P. M.** (2000). Modelacion de la Calidad del Agua. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Pareja, Ó.** (23 de 01 de 2015). Las siete presas llenas de algas. Correo, pág. 1. Obtenido de <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/las-siete-presas-llenas-de-algas-559613/>
- QingGai, W., WenNan, D., XiaoHong, Z., Feng, D., ShiBei, L., & Yue, Z.** (2009). Numerical model of thermal discharge from Laibin power plant based on Mike 21FM. China Environmental Science, 332-336.
- Redaccion La Republica.** (16 de 02 de 2016). Represas de Arequipa tienen algas y químicos en el agua. La Republica, pág. 1.
- SENAMHI.** (23 de 06 de 2017). Mapa climático del Perú. Obtenido de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Sheela A. Moses, L. J.** (2015). Water quality prediction capabilities of WASP model for a tropical lake system. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 285-299.
- UNESCO.** (2009). Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Montevideo: Sylvia Bonilla.
- Wang, Q., Li, S., Jia, P., Qi, C., & Ding, F.** (2013). A Review of Surface Water Quality. The Scientific World Journal, 1-7.
- Wool, T. A., Ambrose, R. B., Martin, J. L., & Corner, E. A.** (2000). Draft: User's Manual. Water Quality Simulation WASP. Atlanta: USEPA.
- Zamparas, M., & Zacharias, L.** (2014). Restoration of eutrophic freshwater by managing internal nutrient loads. Review. Science of the Total Environment, 551-562.