

Auxiliar 2
CI5103 Análisis de Sistemas Ambientales
Prof. Marcelo Olivares
Aux. Macarena Casanova
Sem. Primavera 2021

Una empresa sanitaria que sirve a cierta localidad es responsable por el suministro de agua potable, y el tratamiento y disposición de aguas residuales. El tratamiento de aguas residuales se compone de un conjunto de procesos, cada uno de los cuales se desarrolla en varias unidades. Al inicio de cada año, el operador debe decidir, para cada proceso de tratamiento, qué unidades habilitará y cuál será la capacidad de tratamiento en cada una de ellas, medido en unidades de caudal.

La empresa dispone de N unidades, cada una con un costo de habilitación CH_i por unidad de capacidad de tratamiento. Además, existen costos variables asociados al tratamiento del agua, CT_i por unidad de caudal tratado. Cada unidad tiene una capacidad potencial máxima CAP_i . Por normativa, la capacidad total mínima de tratamiento que debe asegurar la empresa corresponde a CAP_{min} . Además, la sanitaria dispone de un presupuesto disponible máximo para la habilitación de las unidades, I_{max} .

El afluente a tratar en la temporada es incierto, sin embargo, se consideran K escenarios, con magnitud Q_k y probabilidad p_k de ocurrencia cada uno. Alternativamente la empresa puede ignorar la incertidumbre y suponer un caudal conocido Q_0 . Si el afluente en una temporada supera la capacidad de tratamiento total instalada, es posible aplicar un tratamiento alternativo al excedente, el cual tiene un costo d por unidad de caudal.

La situación recién descrita corresponde a un problema de decisión en dos etapas. Donde inicialmente se toma una primera decisión, luego se observa la ocurrencia de un evento aleatorio, y finalmente se toma una segunda decisión (condicionada por el evento ocurrido y por la decisión de primera etapa).

a) Considerando que el caudal afluente a la planta es conocido (Q_0), plantee el problema de programación lineal (PPL) que permite minimizar el costo total anual de la empresa. Esta formulación ignora la incertidumbre.

b) Considerando que existen $K > 1$ escenarios para el afluente a tratar durante la temporada, plantee el problema de programación lineal en dos etapas para este caso. Indicación: minimice el valor esperado del costo total anual.

Descarga de nutrientes a un lago (Monte Carlo y Árboles de decisión)

Como parte del análisis general del impacto económico y social (AGIES) de la norma secundaria de calidad de aguas del lago Villarrica, se requiere evaluar el desempeño de alternativas de control de la contaminación bajo distintos escenarios. Los indicadores clave de calidad en el lago son las concentraciones de nitrógeno y fósforo en la columna de agua. Se ha determinado que la mayor contribución de estos nutrientes al lago se debe al aporte difuso asociado al uso del suelo en la cuenca, que resultan en concentraciones altas de fósforo en los caudales afluentes al lago. Adicionalmente, existen fuentes puntuales asociadas a aguas servidas domésticas y actividad acuícola.

La evolución de las concentraciones de nutrientes en los afluentes naturales al lago para la situación base (sin norma) puede representarse como un proceso de Markov en tres niveles (alto, medio, bajo). Los caudales afluentes pueden representarse por una distribución log-normal autocorrelacionada.

Por otra parte, existe un modelo de calidad de aguas del lago, que permite simular las concentraciones de nutrientes en el lago. Sin embargo, algunos parámetros, particularmente en las tasas de decaimiento y sedimentación no se conocen con certeza. Se han determinado preliminarmente rangos para cada uno de los parámetros.

Adicionalmente, estudios preliminares indican que la temperatura es un factor determinante en los procesos que ocurren en el lago, particularmente en las tasas de decaimiento del nitrógeno. Suponga que el modelo de calidad de aguas cuenta con un módulo que permite predecir la evolución de la temperatura en el lago a partir de forzantes meteorológicas.

Por otro lado, se han identificado distintas alternativas para el cumplimiento de la norma, que consisten en combinaciones de medidas de reducción de cargas de nutrientes que ingresan al lago por fuentes puntuales y difusas. Considere que se cuenta con los costos de cada una de las alternativas.

- a) Describa cómo utilizaría el modelo de simulación de calidad de aguas para evaluar el desempeño de alternativas para un horizonte de 20 años, considerando la incertidumbre de las variables de entrada y parámetros. ¿Cuántas simulaciones realizaría y por qué? Indique qué variables de salida consideraría y qué tipo de post-procesamiento efectuaría.
- b) Describa cómo representaría el problema anterior en una estructura de árbol de decisión. Defina claramente en qué consisten las alternativas y escenarios. Describa explícitamente cómo definiría los escenarios (y sus probabilidades) a partir de la información disponible.