XIX Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación
UNR

Estimación De Producción De Sedimentos Con RUSLE Y Criterios De Manejo Mediante Descargadores De Fondo En Una Presa Multipropósito

FANELLI, Ariel Darío[1]; STENTA, Hernán Roberto[2].

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires/ afanelli@fi.uba.ar
[2] Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario/ hstenta@fceia.unr.edu.ar

Palabras claves: RUSLE; producción de sedimentos; presa multipropósito; descargadores de fondo; flushing y sluicing

INTRODUCCIÓN

Dentro del diseño y la planificación de esta infraestructura hidráulica, la sedimentación del embalse constituye una de las principales amenazas para su sostenibilidad a largo plazo. El depósito progresivo de sedimentos genera la pérdida del volumen útil de almacenamiento, afectando las funciones clave del proyecto como la regulación de la oferta hídrica y la generación hidroeléctrica. Esta problemática resulta especialmente desafiante en cuencas tropicales centroamericanas donde la información sedimentológica observada in situ suele ser escasa o discontinua.

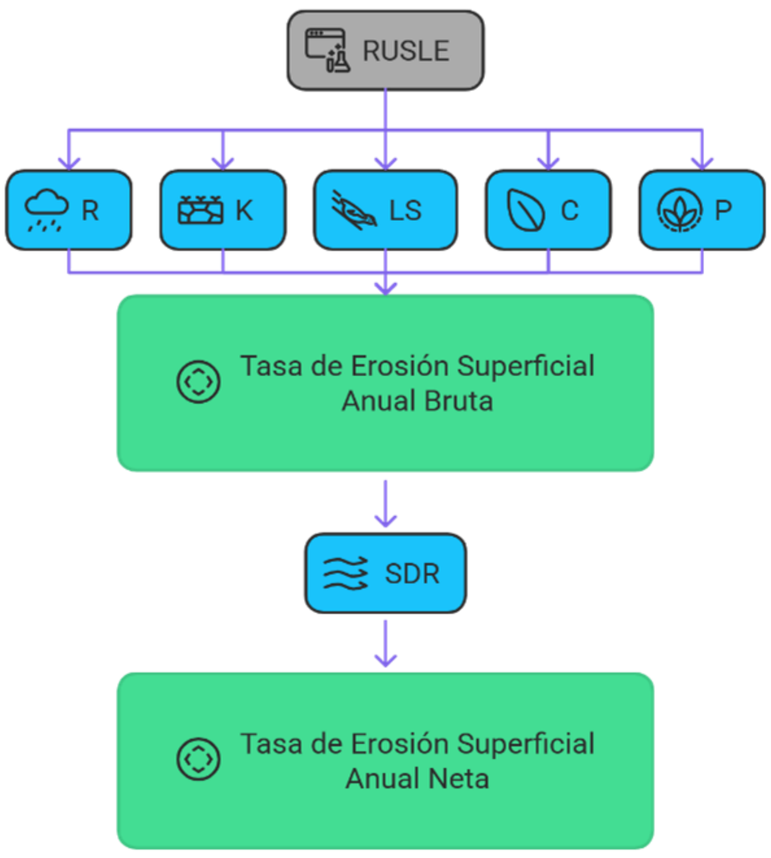
OBJETIVOS

El **objetivo general** es desarrollar una **propuesta integral de estimación de producción de sedimentos** y evaluar criterios de gestión hidráulica operacional para la presa multipropósito, sabiendo que la gestión integral de los sedimentos garantizará la conservación del volumen útil del embalse.

Como **objetivo particular** se pretende **cuantificar la tasa de erosión anual bruta y neta** en la cuenca de aporte mediante el modelo RUSLE acoplado a SIG, determinar los **índices de sostenibilidad CIR y CSR** para evaluar la vulnerabilidad a la colmatación y **definir maniobras de gestión**.

METODOLOGÍA / MATERIALES Y MÉTODOS

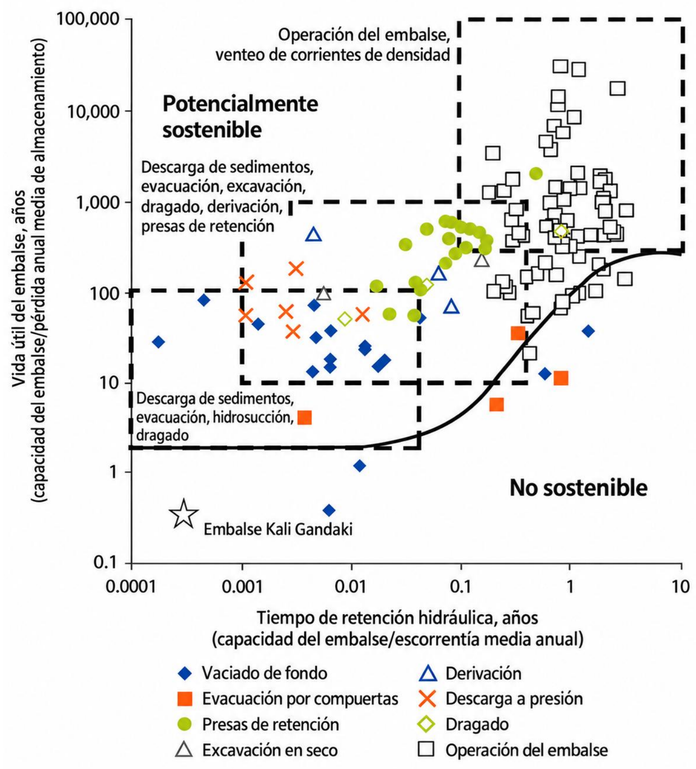
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO



INFORMACIÓN BASE

-> Factor de Erosividad (R): Tras comparar variadas formulaciones, se adoptó la ecuación de Burke y Sugg, validada para cuencas tropicales del Arrecife Mesoamericano, la cual combina precipitación satelital CHIRPS y elevación.
-> Factores Cobertura (C) y Erodibilidad (K): Derivados de coberturas de vegetación satelital (LANDSAT), NDVI e información edáfica regional.
-> Factor Topográfico (LS): Calculado a partir del Modelo Digital de Elevación NASADEM de 30 m de resolución.
-> Relación de Entrega de Sedimentos (SDR): Media de las formulaciones de Maner y Shen & Julien para cuencas sin información, se fijó un SDR = 10%.

GESTIÓN DE LOS SEDIMENTOS



Annandale, G. W (2016). Extending the life of reservoirs: Sustainable sediment management for dams and run-of-river hydropower

RESULTADOS y DISCUSIÓN

-> Nivel Máximo Normal (NAMO): Cota 168 msnm Y Volumen total = 410 hm3.
-> Aporte hídrico anual medio: 1.135 hm3/año; Caudal medio = 36m3/s.
-> Resultados de Indicadores: CIR = 0,4 y CSR = 143.
-> El embalse cuenta con 77 hm3 por debajo del Nivel Mínimo Normal 142 msnm.

El proyecto se sitúa en la zona límite o de transición, donde la sola reserva de un "volumen muerto" resulta insuficiente. Vulnerabilidad; sin gestión activa, este volumen se colmataría en aproximadamente 25 años.

Si bien el volumen definido no es el asociado a un periodo de vida de por lo menos 50 años, Hager et al. (2021) hace mención a que no resulta económico ni sustentable diseñar presas y embalses para tal fin. Por eso se plantea la gestión de producción de sedimentos en tres pilar; en la cuenca, a través de estructuras hidráulicas en la presa y el dragado mecánico.

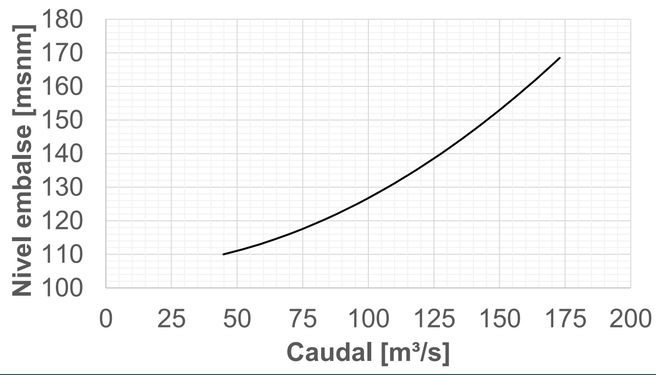
La remoción de sedimentos que efectivamente ingresan al embalse se podrá realizar a partir de operaciones de flushing y/o sluicing con los descargadores de fondo.

El aprovechamiento multipropósito cuenta con dos descargas de fondo que garantizarán una amplia capacidad de descarga para un importante rango de niveles cumpliendo así con lo enunciado por Atkinson (1996) que describe una situación de flushing eficiente como aquella en donde la capacidad de descarga de la presa excede en por lo menos dos veces el caudal módulo del río.

Balance sedimentológico de la cuenca

Parámetro / Variable	Valor estimado / adoptado	Fuente / Criterio
Área de cuenca hasta cierre	2.700 km²	Delimitación MDE
Erosión bruta	27.550.000 t/año	Cálculo RUSLE
Producción neta SDR = 10%	2.755.500 t/año	Estimación teórica
Rendimiento adoptado (Conservador)	1.515 t/km² año	Estudios antecedentes
Ingreso anual al embalse	4.050.000 t/año	-
Volumen sólido anual (γ = 1,34 t/m³)	2,9 hm³/año	-

Curva de descarga de 1 vano de DF



CONCLUSIONES

- ✓ La metodología RUSLE acoplada a productos satelitales constituye un marco técnico robusto para la estimación de la degradación de suelo en cuencas tropicales sin información previa.
- ✓ La simple asignación de volumen muerto no garantiza la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, lo cual hace de la gestión de los sedimentos una tarea de vital importancia en presas multipropósito.
- ✓ Las soluciones propuestas reflejan un balance entre operatividad, costo y efectividad, estableciendo un esquema de manejo de sedimentos que permitirá la conservación de la capacidad del embalse y el óptimo aprovechamiento de sus funciones multipropósito a lo largo del tiempo.