III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

Estudio de caudal ecológico en cuatro centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Cahabón, Alta Verapaz

Asesoría Manuel Basterrechea Asociados, S.A.
01/09/2025

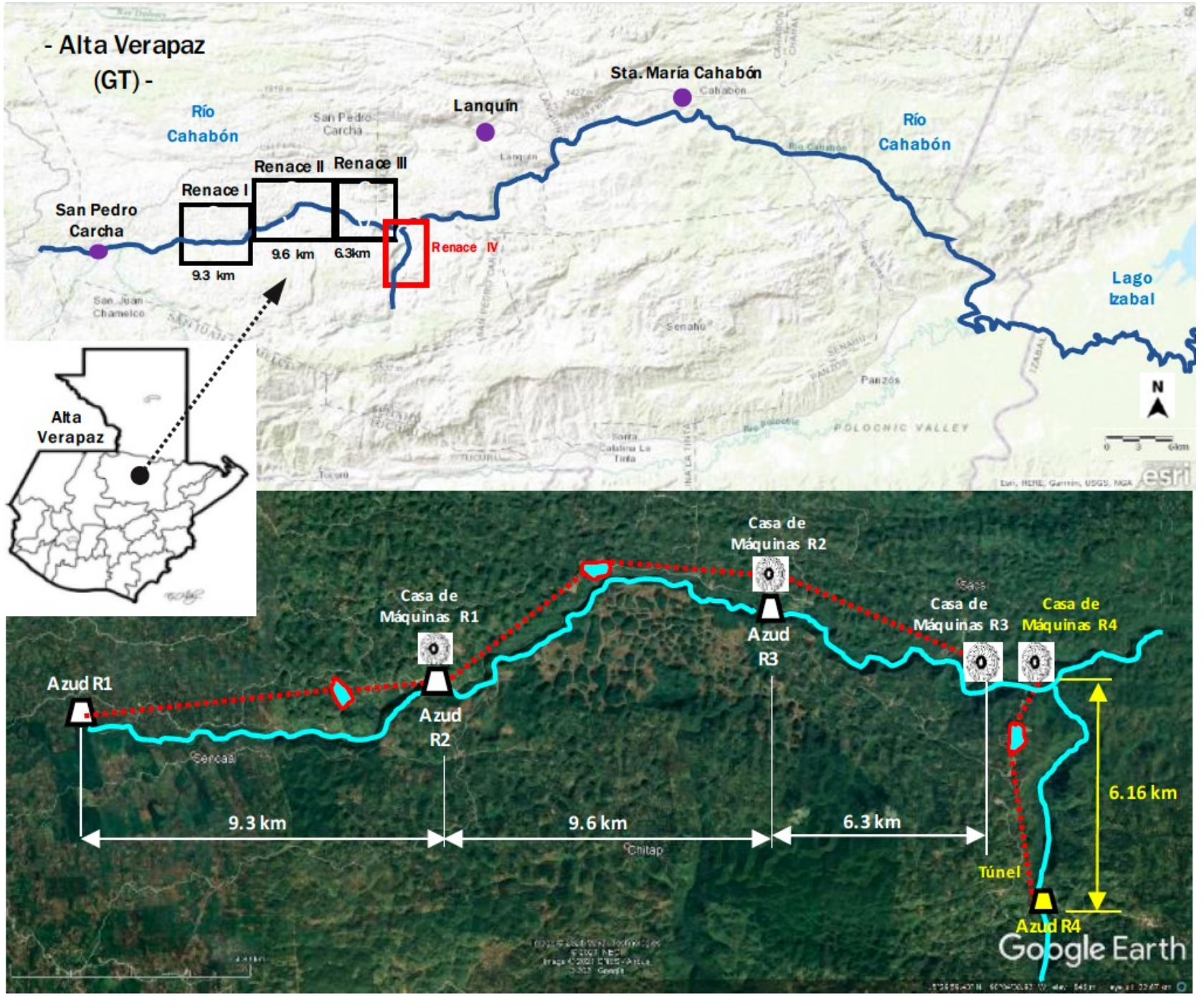
ANTECEDENTES

- El Complejo Hidroeléctrico RENACE desarrollado por la compañía guatemalteca CMI está ubicado en la cuenca del río Cahabón, dentro del municipio de San Pedro Carchá, Departamento de Alta Verapaz, y tiene una capacidad operativa total de 302 MW.

- El complejo consta de cuatro centrales, tres de ellas emplazadas en el propio río Cahabón operando en cascada: la superior Renace 1, operando desde el 2004 (66MW), Renace 2, operando abril 2016 (112MW), Renace 3, finales 2016 (66MW) y Renace 4, enero 2019 (55MW).

- Como parte del Plan de Gestión Ambiental del complejo hidroeléctrico, se elaboraron los Estudios de Caudal Ecológico (ECE) para cada una de las centrales desde marzo del 2018 hasta diciembre del 2021 por un equipo multidisciplinario, en el marco de un convenio de colaboración científico-técnica entre la consultora guatemalteca y la Universidad de Valladolid, España.

UBICACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS



¿QUÉ ES EL ESTUDIO DE CAUDAL ECOLÓGICO -ECE-?

- Identificar los efectos potenciales del cambio hidrológico debido al aprovechamiento del recurso hídrico sobre el ecosistema fluvial y proponer medidas. La evaluación del ECE para las centrales de RENACE es un avance científico pionero en esta materia para el país.

- El ECE ha sido concebido con un enfoque de manejo adaptativo, en el cual el CE mínimo aprobado es una medida de mitigación básica y complementaria con otras medidas.

- El ECE consiste en una aplicación de la metodología incremental-holística IFIM (Instream Flow Incremental Methodology, Bovee y Milhous, 1978), considerada internacionalmente como un estándar de mejores prácticas científico-técnicas por investigadores, y financieras.

- El núcleo operativo de IFIM es el modelo de hábitat PHABSIM "Physical Habitat Simulation System", **que genera relaciones funcionales entre el caudal y el hábitat utilizable para los organismos objetivo**.

¿CUÁLES FUERON LOS OBJETIVOS DEL ECE?

- Desarrollar relaciones funcionales hábitat-caudal con el modelo IFIM-PHABSIM como herramienta de apoyo en la determinación de un Régimen de Caudales Ecológicos (RCE), con capacidad para mantener poblaciones viables de las especies objetivo en el sector.

- Proponer los lineamientos de un Plan de Manejo de Caudal Ecológico (PMCE) que estructure las actividades necesarias para:
  - Mejorar el conocimiento de línea base;
  - Evaluar los impactos del CE;
  - Identificar la mejor solución para el paso de peces; y,
  - Monitorear la respuesta real del ecosistema para facilitar la toma de decisiones en un marco adaptativo de gestión ecológica del caudal.

METODOLOGÍA DEL ECE

- La fase 1 del ECE consistió en el diagnóstico de los componentes socioeconómicos (comunidades arriba en los valles, por que el río va encañonado y los usos del agua son eventuales y para recreación) y ecológicos (mala calidad del agua debido a la contaminación aguas arriba de Cobán y Carchá; CMI extrae al año 15 toneladas de resíduos sólidos; variaciones del caudal por la geología cárstica; especies) afectados por los proyectos;

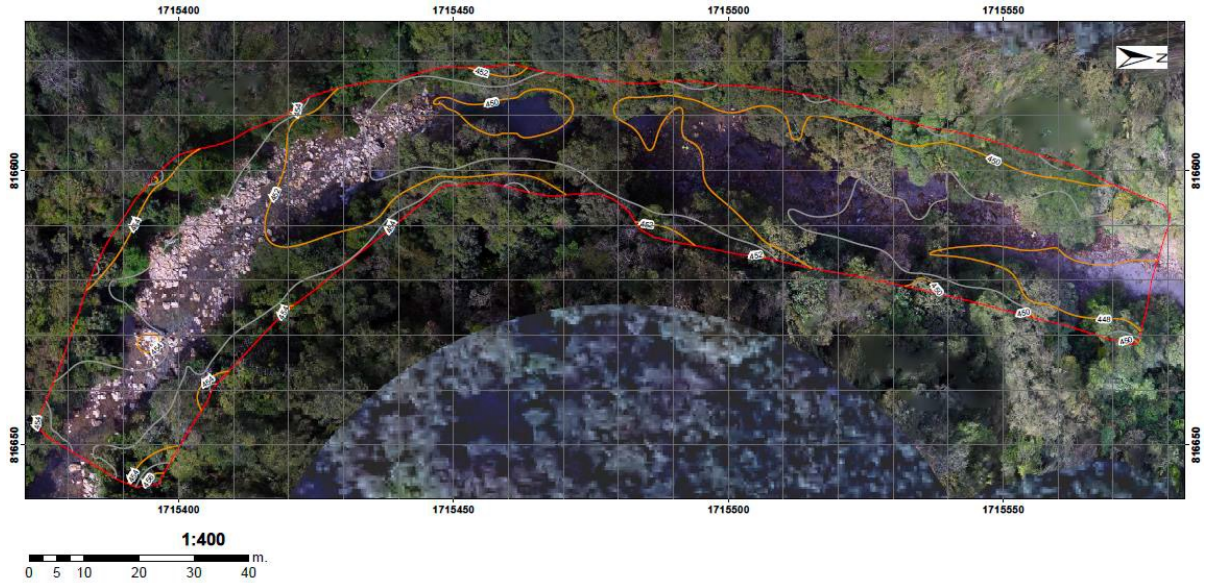
- La fase 2 examinó la línea base biológica (comunidad íctica, macroinvertebrados acuáticos, avifauna) para reconocer períodos críticos, y determinar los organismos objetivo del estudio y aforos (desde marzo del 2018 hasta diciembre del 2021); y,

- La fase 3 consistió en la simulación del hábitat acuático mediante el modelo PHABSIM.

METODOLOGÍA DEL ECE





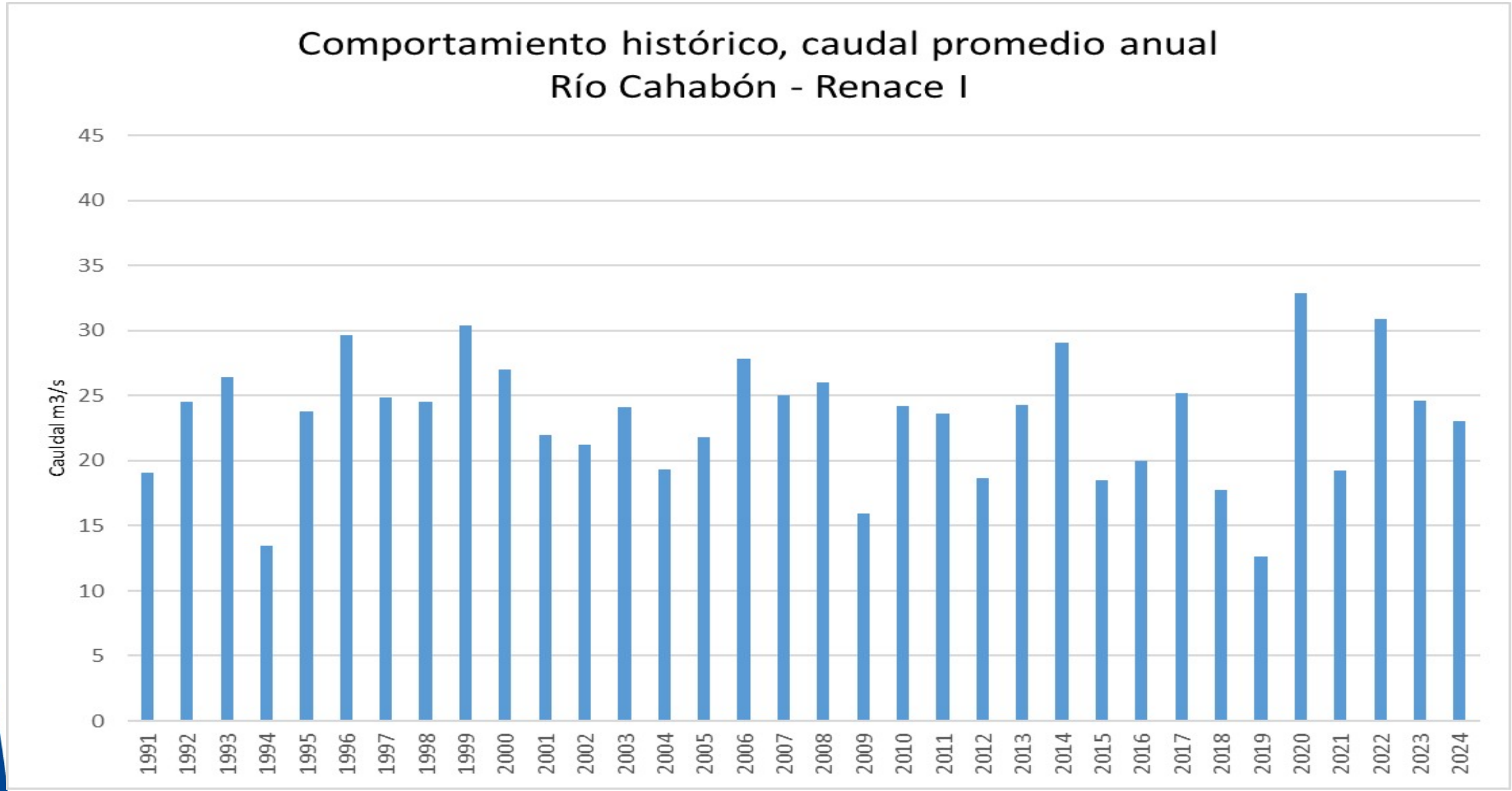




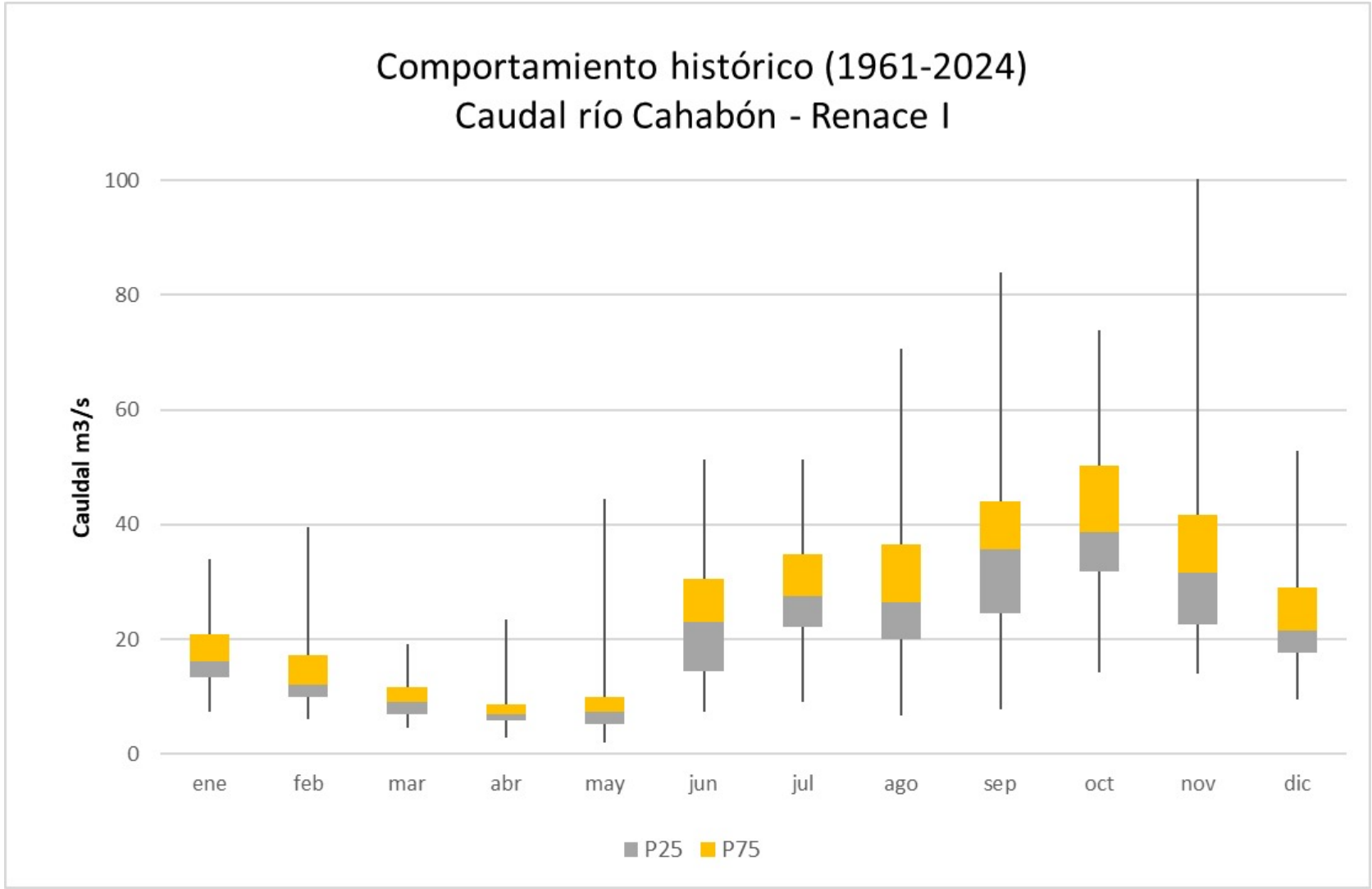


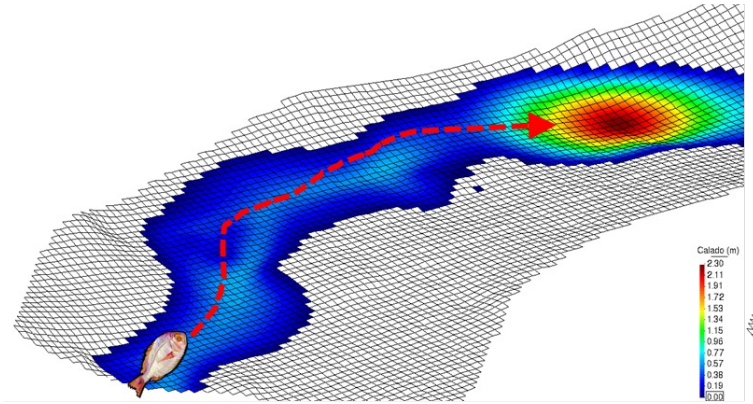


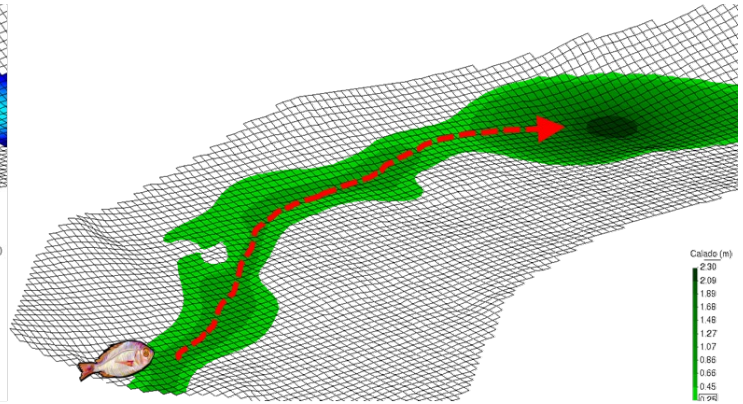



Comportamiento histórico, caudal promedio anual
Río Cahabón - Renace I
Cauldal m3/s
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024

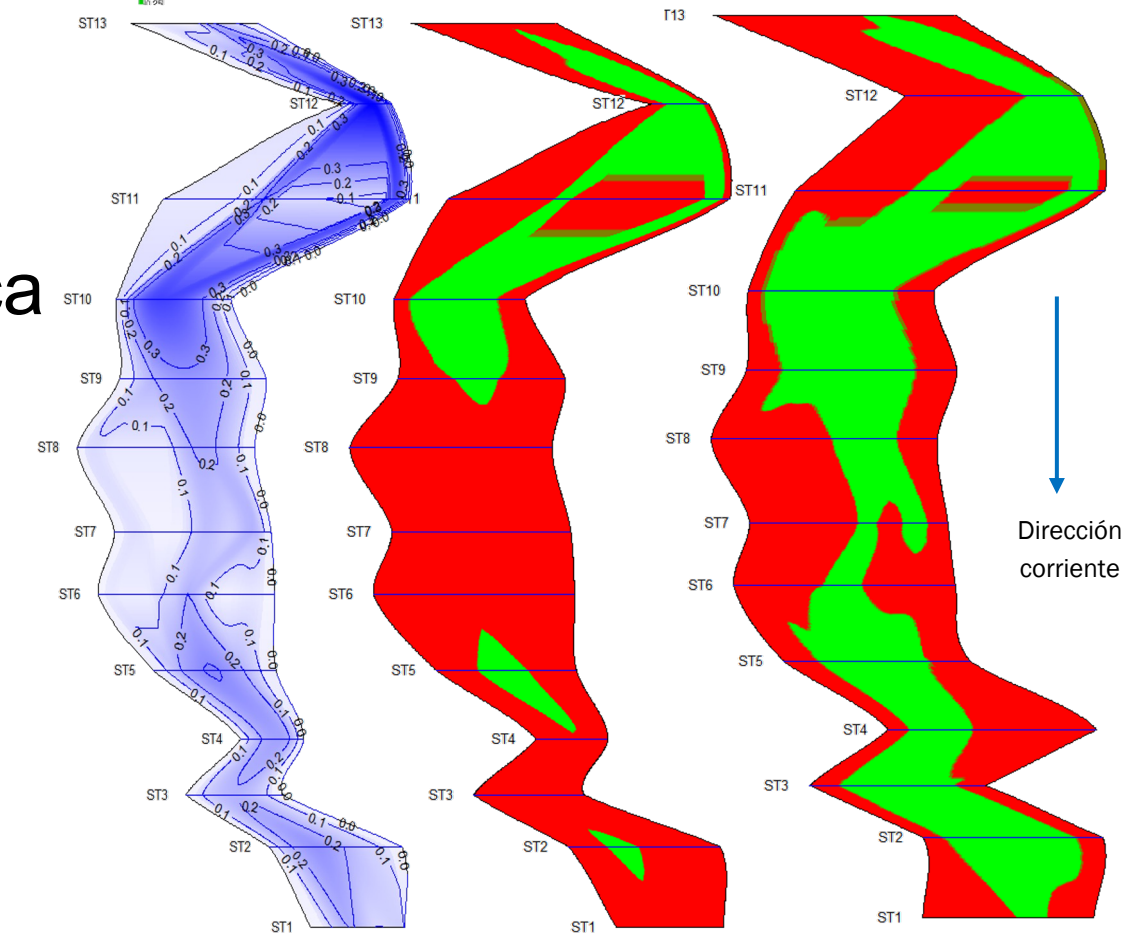
- Análisis de caudales históricos

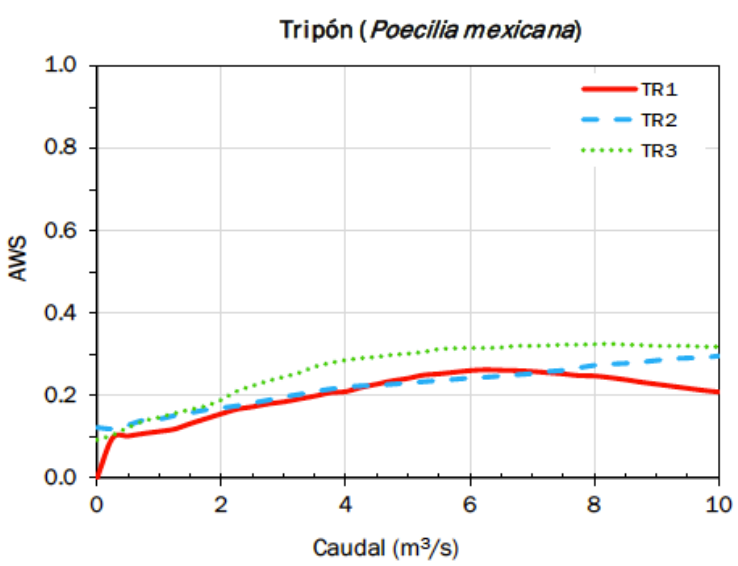


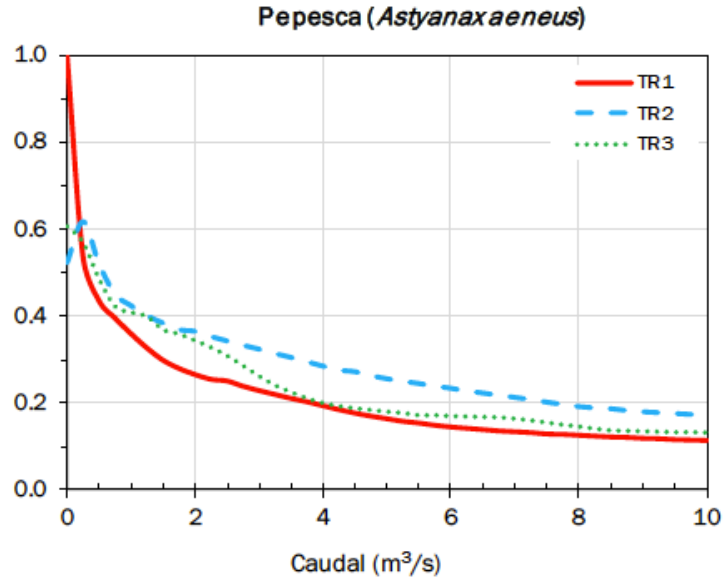


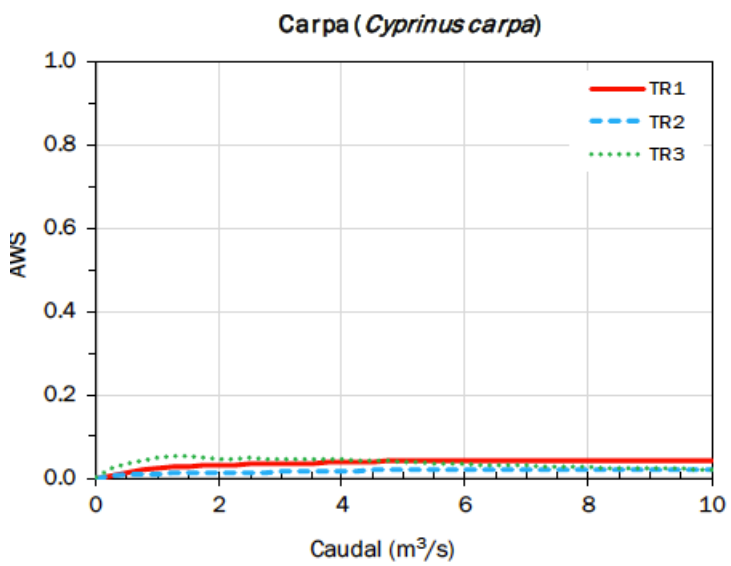


- Escenarios de conectividad hidráulica



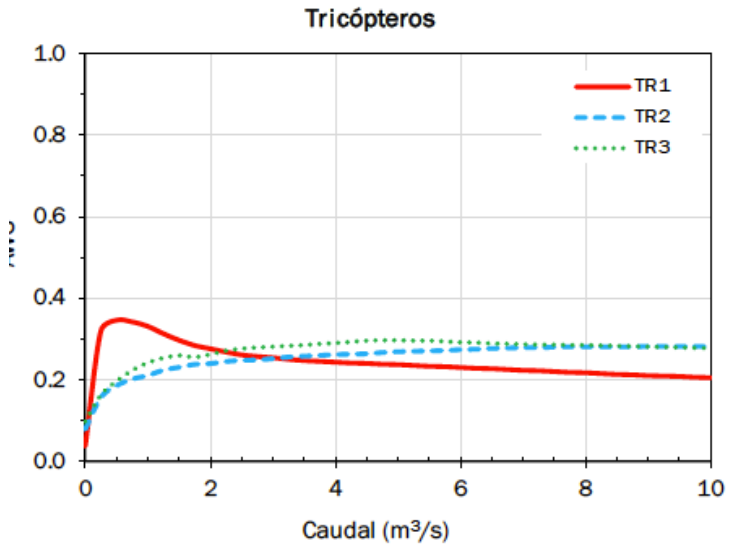


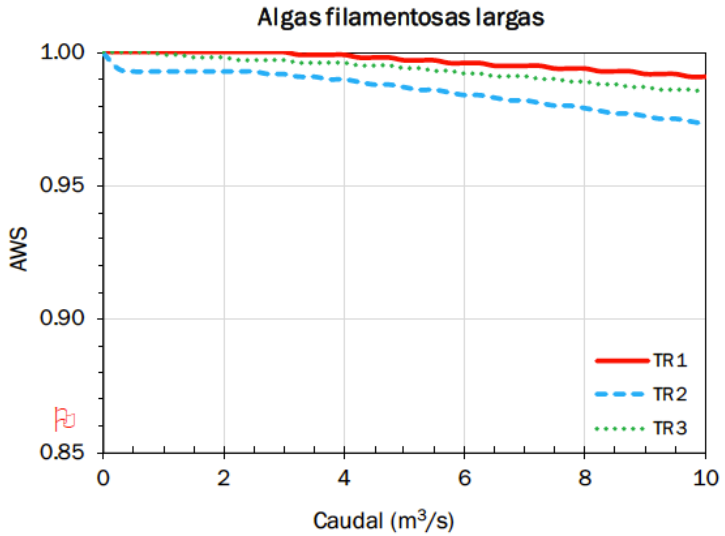




- Análisis del efecto en el hábitat usable para los peces, macroinvertebrados acuáticos y algas

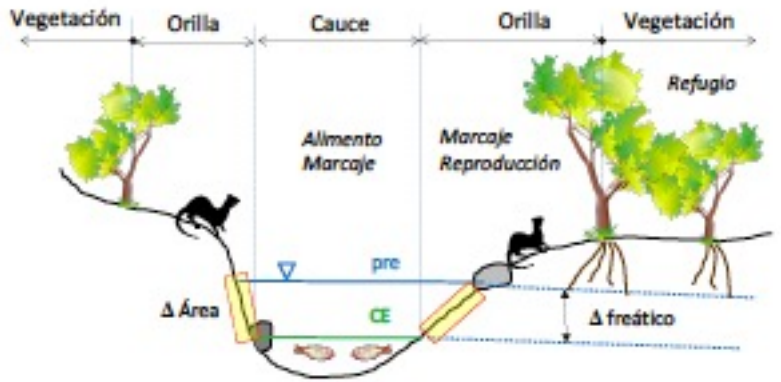
(Tripón–*Poecilia mexicana*, Bute - *Heterandria bimaculata* y Bocudo – *Profundulus labialis*), y macroinvertebrados (Tricópteros),

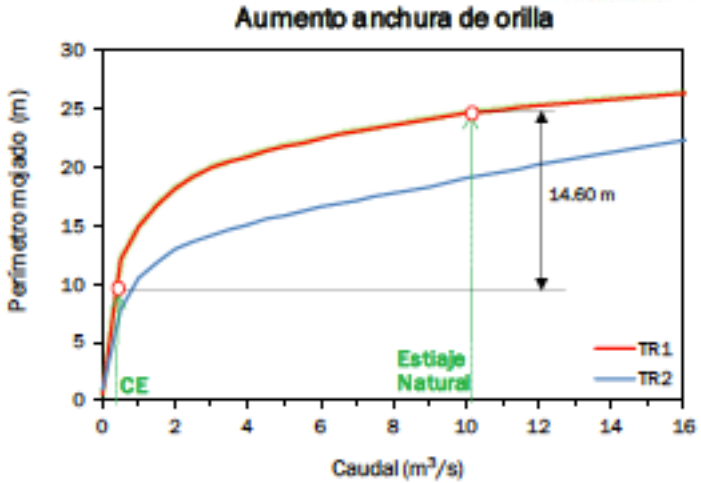


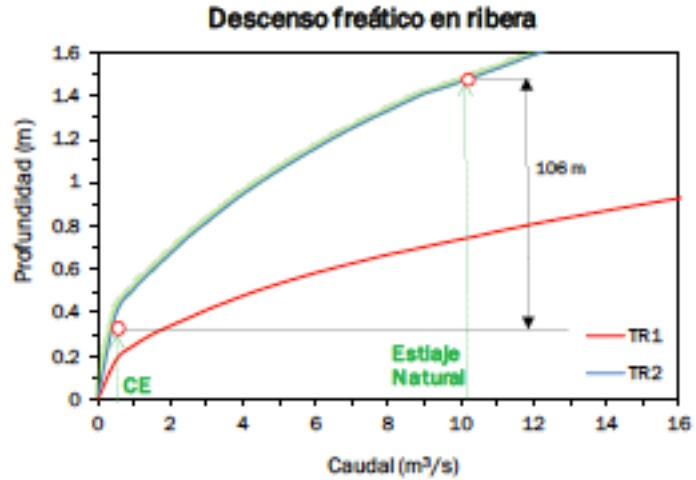


- Modelación del hábitat de la nutria (especie de protección especial, ya que ha sido reportada en el sector del Complejo a partir del 2020 y que merece un tratamiento especial).

  - Se tienen dos reservas naturales privadas



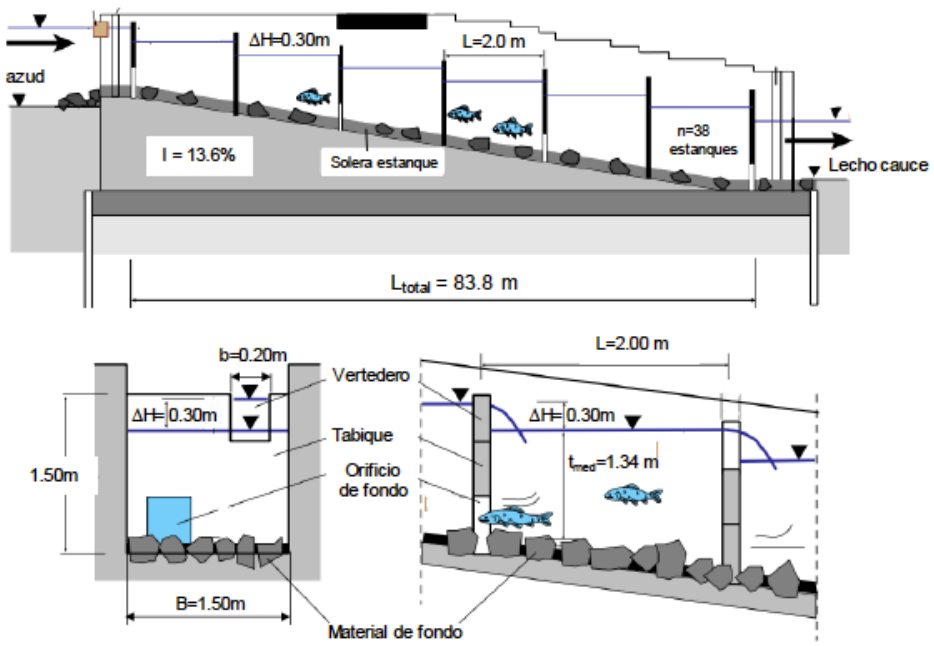




MEDIDAS DERIVADAS DE LOS RESULTADOS DEL ECE

Los azudes o presas derivadoras para la captación parcial del caudal tienden a provocar un efecto “barrera” para el desplazamiento longitudinal de los peces.

Como solución de mitigación se propone el diseño para cada azud de un paso consistente en una escala piscícola (escalera) de tipo estanques sucesivos con vertedero sumergido y orificio de fondo (SNOF–*Submerged notch and orifice fishway*).



Como medida suplementaria a las escaleras piscícolas se propone el sistema de captura-transporte-liberación de peces.







NORMA MEXICANA DE CAUDAL ECOLÓGICO (NMX-AA-159-SCFI-2012)

- México enfrenta la sobreexplotación de los recursos hídricos en las zonas de mayor productividad económica del país. Esta situación provoca la pérdida de biodiversidad, limita el desarrollo económico y hace vulnerable a la sociedad ante las incertidumbres del cambio climático. Similar a nuestro país.

- La asignación y recuperación de agua para el ambiente se plantea como un camino para adaptarse al cambio climático y alcanzar una condición de seguridad hídrica para México.

- Este proceso se fundamenta en la aplicación de la Norma Mexicana de Caudal Ecológico.

- BID(2015) registro las experiencias y resultados de la fase de conceptualización del programa y el arranque del proceso mediante la implementación en seis zonas piloto. Los resultados muestran la factibilidad técnica, legal y económica de las reservas de agua y sus beneficios en el fortalecimiento de la gestión integrada del agua. Por su relevancia, esta iniciativa ha tomado la forma de Programa Nacional de Reservas de Agua coordinado por la CONAGUA.

- *Referencia. Nota Técnica No BID-TN-864. Programa Nacional de Reservas de Agua en México. Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente.*

Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

FUNCAGUA por la vida

Global Water Partnership Central America
GWP Guatemala

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

The Nature Conservancy Guatemala

WCS

WWF

III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

¡Muchas gracias!

ASESORÍA MANUEL BASTERRECHEA ASOCIADOS, S.A.

mb@asebaste.gt | gf@asebaste.gt

(+502) 2334-5403