



Planificación de hidroeléctricas sostenibles y caudales ambientales en la cuenca del Magdalena

© Mark Godfrey

- 
1. Enfoque del desarrollo por diseño
 2. Portafolio de conservación
 3. Caudales ambientales
 4. Modelación / herramienta de manejo

© Mark Godfrey

Cómo planificamos el desarrollo hidroeléctrico de manera sostenible?

Diseño

Implementación

Operación

A escala regional o de cuenca

Enfoque del desarrollo por diseño

Evitar

Influir en la mejor localización de los proyectos (planes, diseño)

Minimizar

Influir en la operación (buenas prácticas, estándares, caudales ambientales)

**Mitigar y
Compensar**

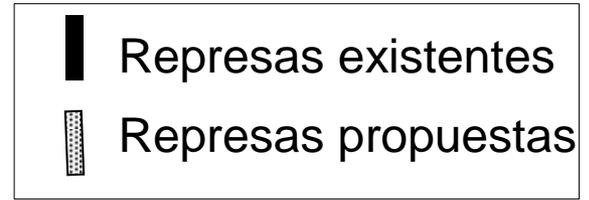
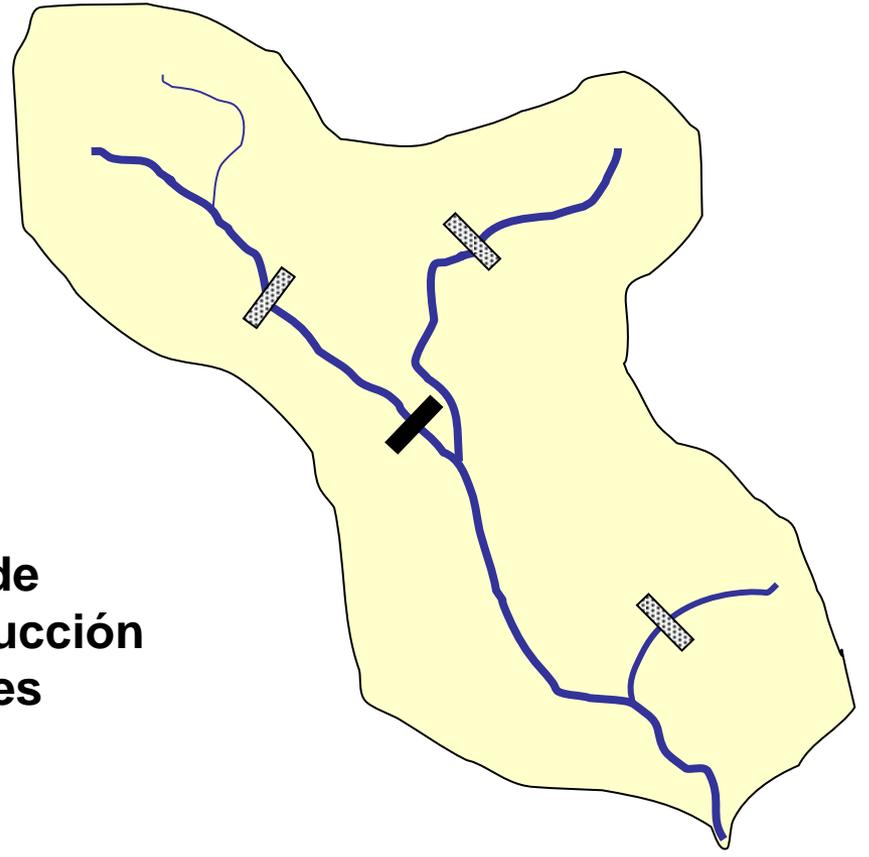
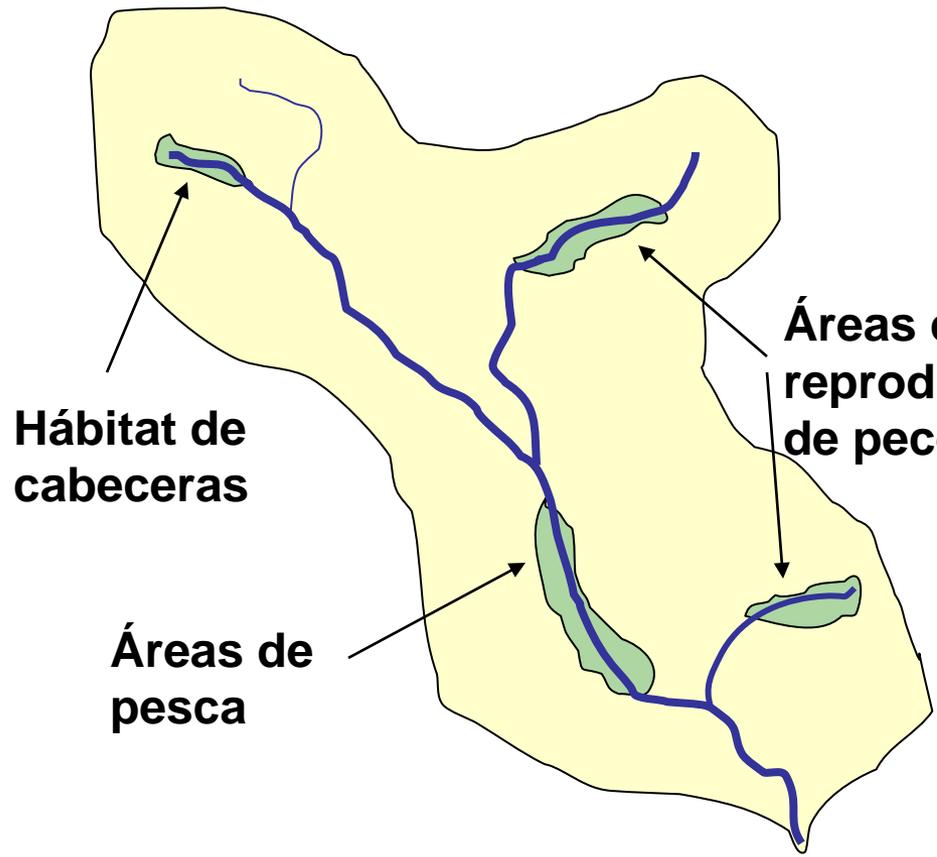
Estándares para establecer impactos directos e indirectos y compensarlos

**Apoyar y
Fortalecer**

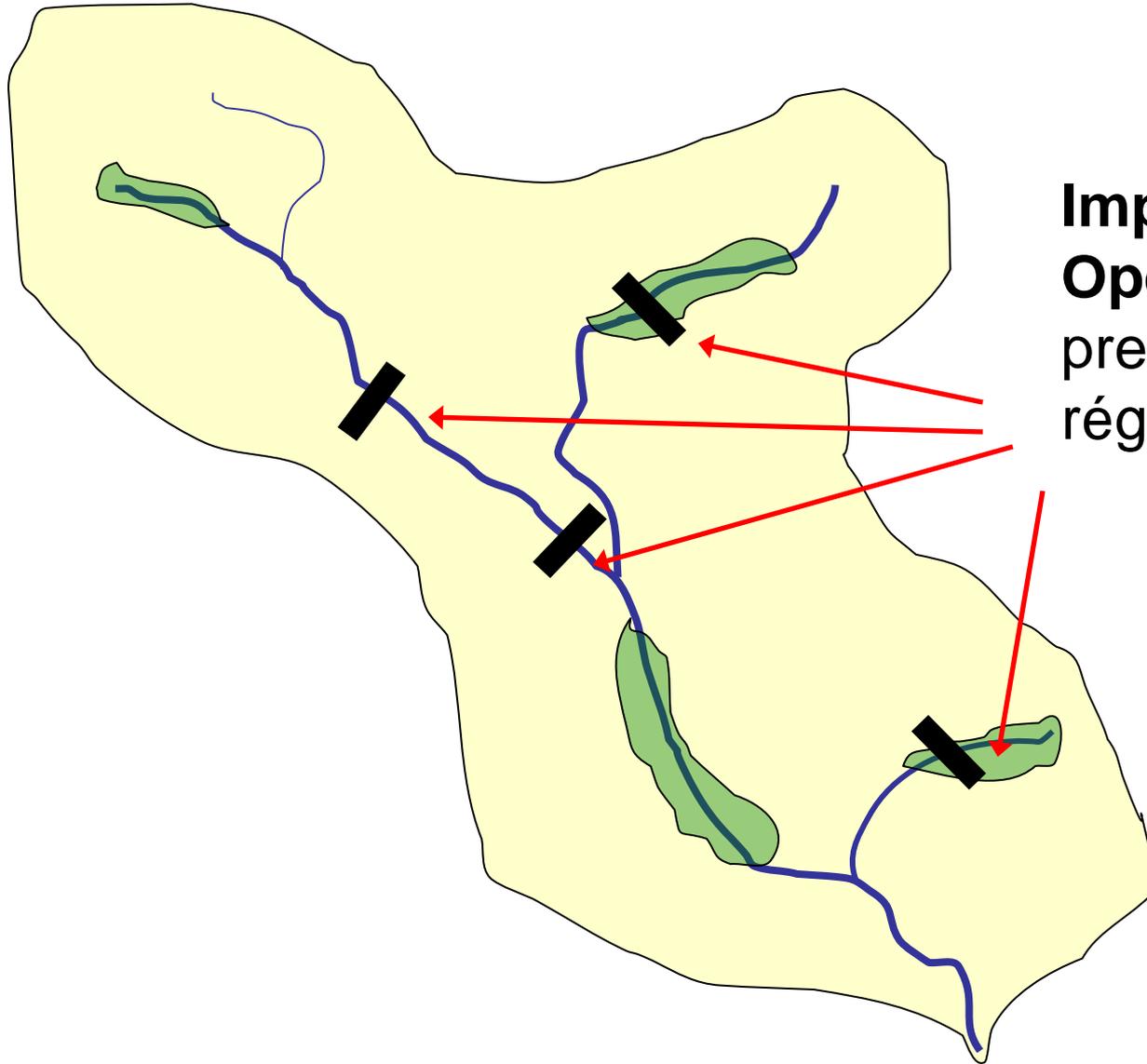
Aumentar la capacidad y mejorar el conocimiento (bases de datos, herramientas)

Plan hidroeléctricas

Planificación para la conservación

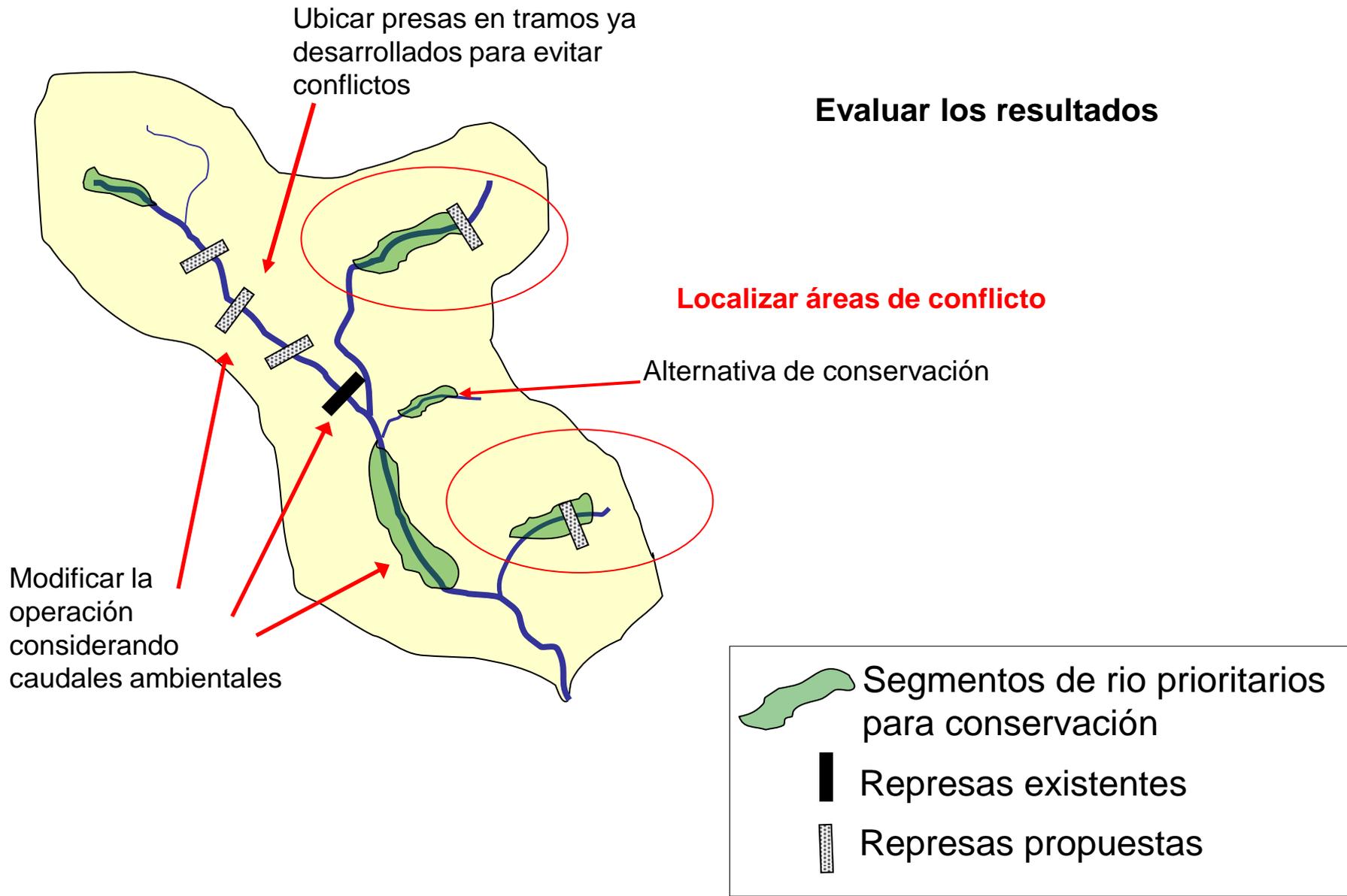


Ausencia de planificación integrada



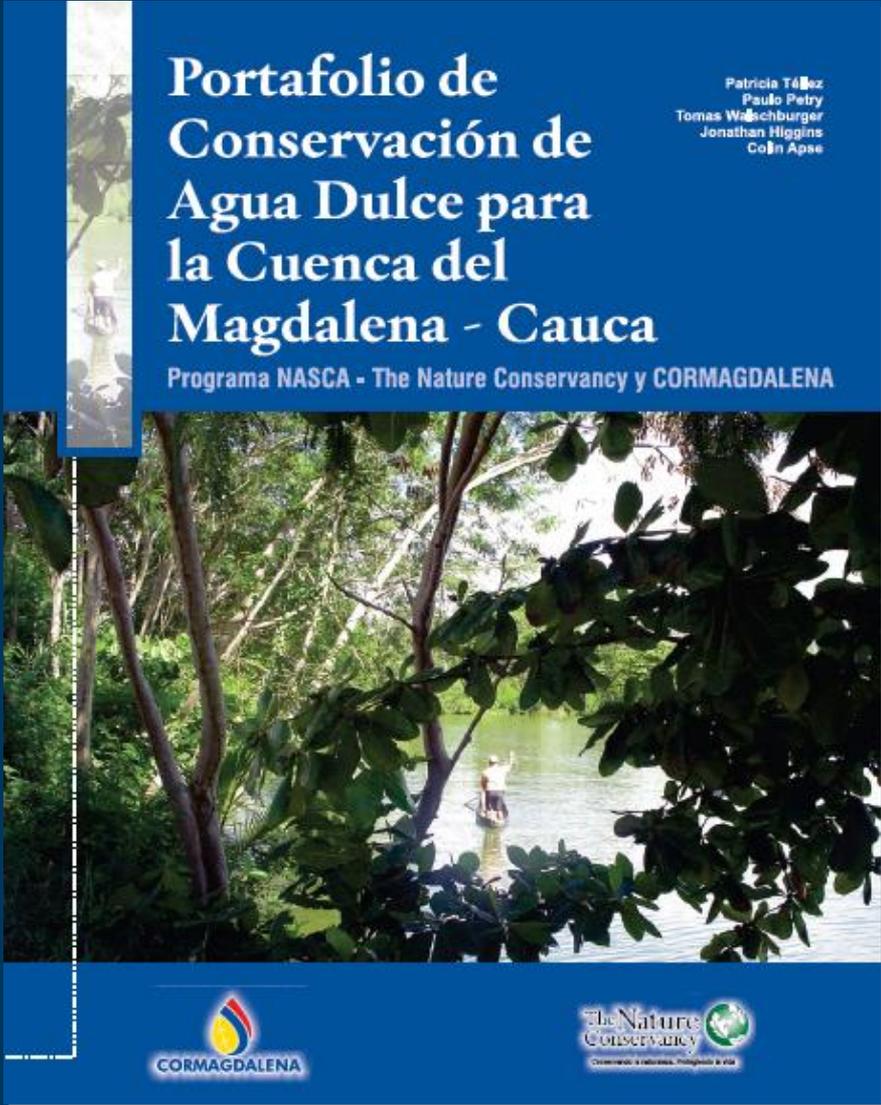
Implementación y Operación de las presas modifica el régimen hidrológico

Escenarios comparativos



Portafolio de Agua Dulce

Integrado al: Plan de Manejo de la Cuenca del Magdalena (PMC) Cormagdalena



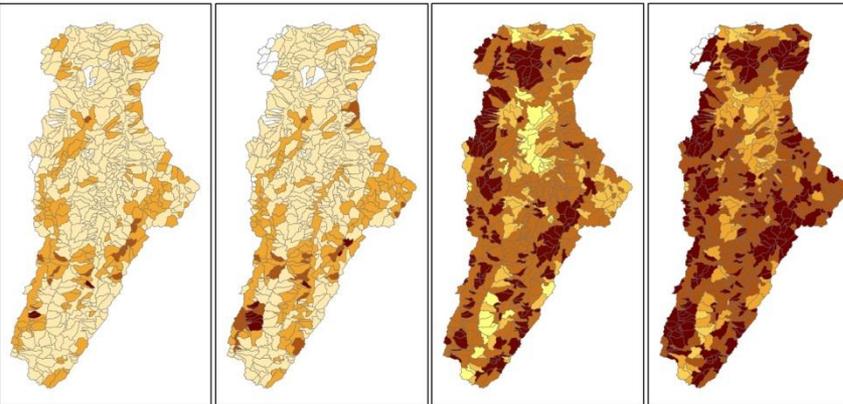
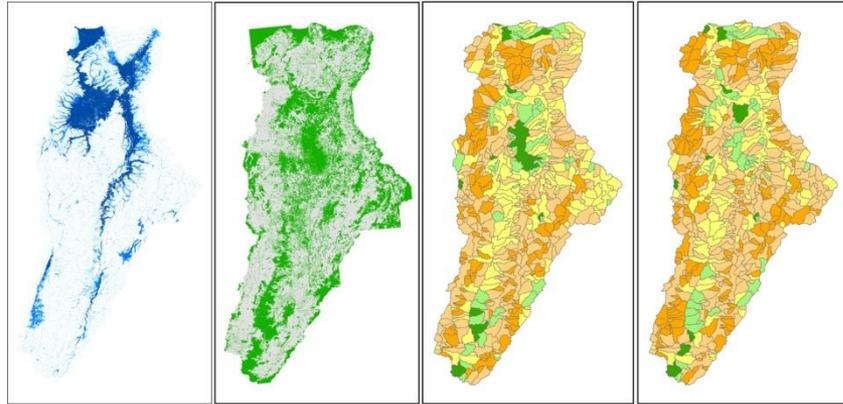
Portafolio de Conservación de Agua Dulce para la Cuenca del Magdalena - Cauca

Programa NASCA - The Nature Conservancy y CORMAGDALENA

Patricia Téllez
Paulo Petry
Tomas Waschburger
Jonathan Higgins
Colin Apse

Condición natural y grado de amenaza



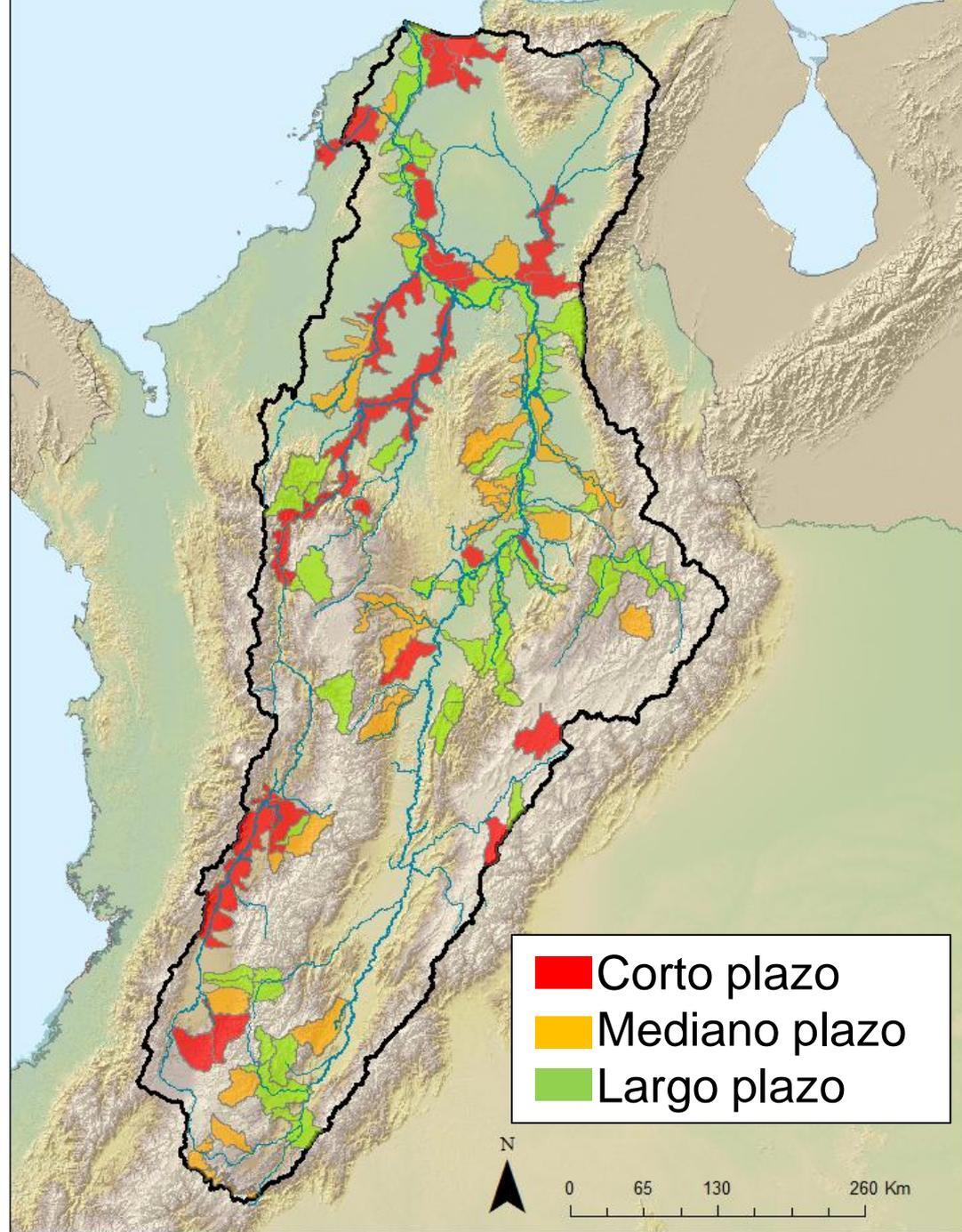
231 Sistemas en el Portafolio

57% del área de la Cuenca

URGENCIA:

86 Sistemas subprioritarios

25% del área de la Cuenca



Determinación de caudales ambientales en la cuenca del Magdalena-Cauca

Metodología ELOHA

“Ecological Limits of Hydrologic Alteration”

(MADS – TNC - IngFocol)

ELOHA: Ecological Limits of Hydrologic Alteration

(Arthington *et al* 2006)



UNESCO-IHE
Institute for Water Education



Centre for
Ecology & Hydrology

NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

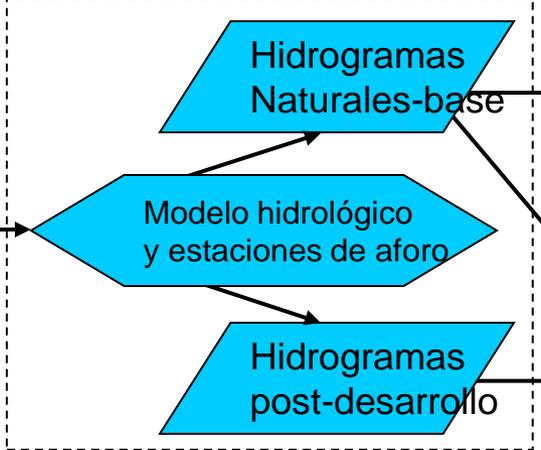


The Nature
Conservancy 

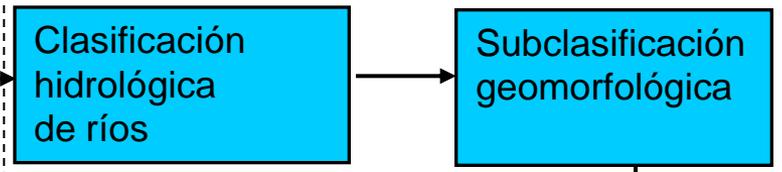
Protecting nature. Preserving life.™

PROCESO CIENTÍFICO ELOHA (*Ecological Limits of Hydrologic Alteration*)

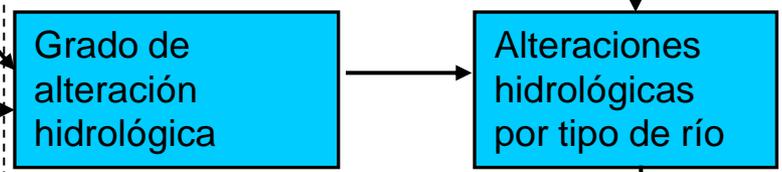
Paso 1. Fundamento hidrológico



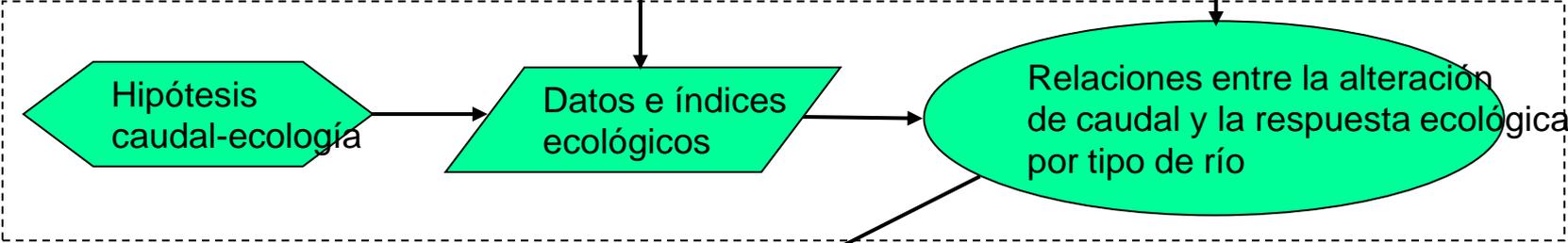
Paso 2. Clasificación de ríos



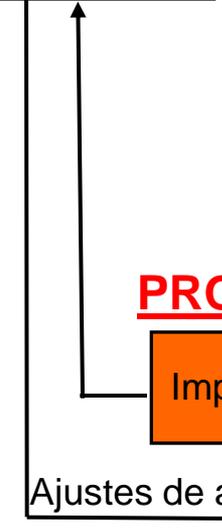
Paso 3. Alteración de caudales



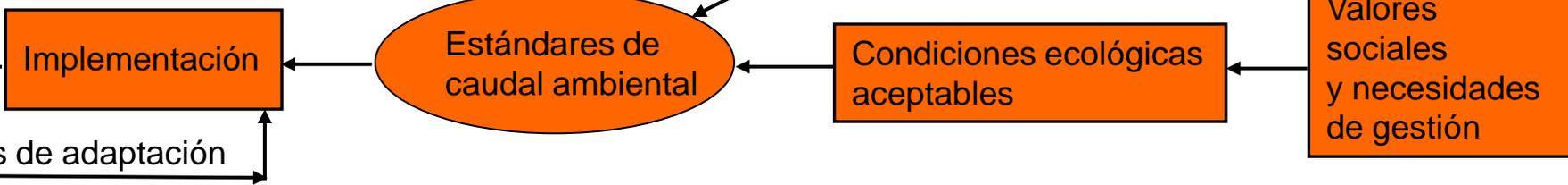
Paso 4. Relaciones caudal-ecología



Monitoreo



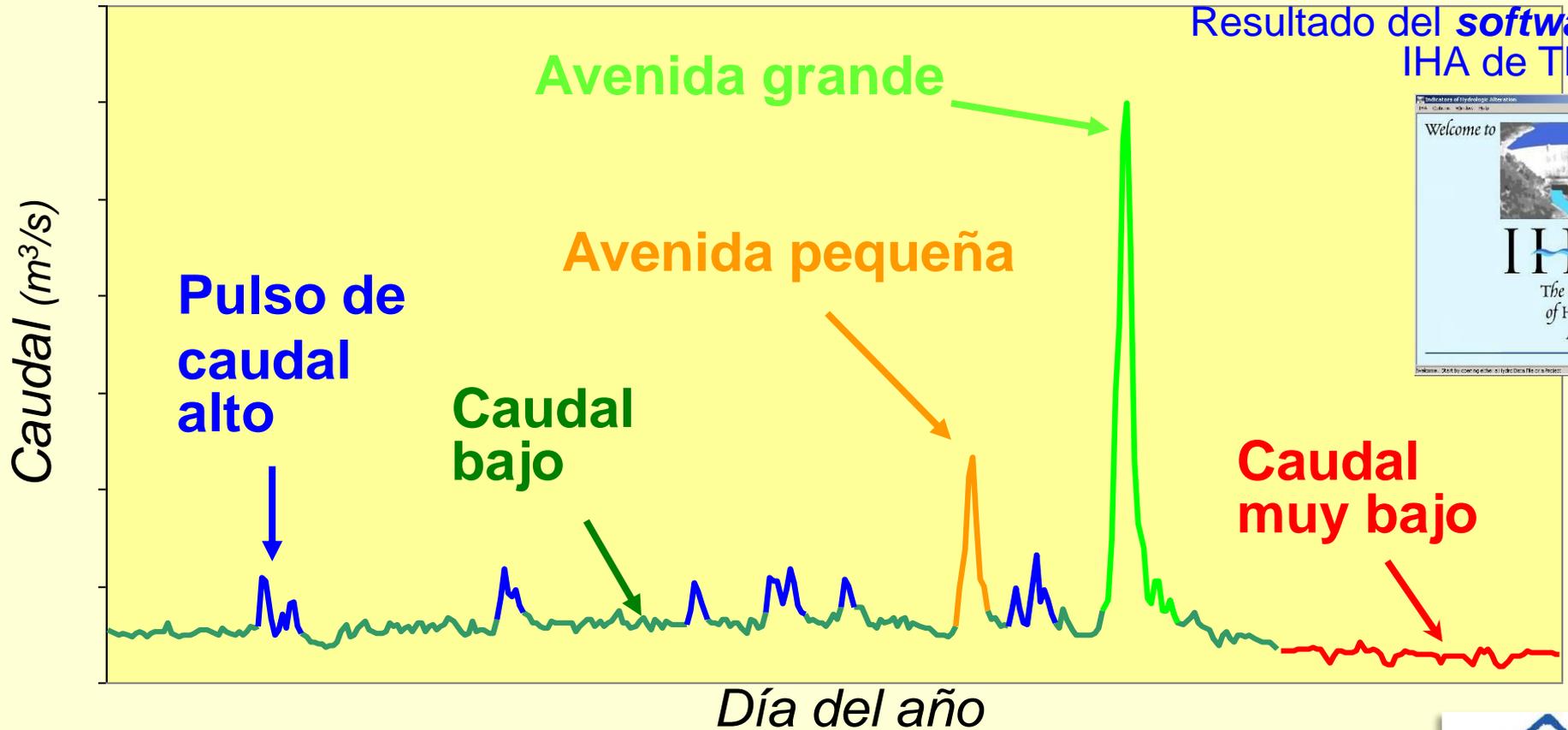
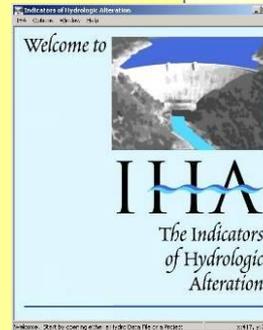
PROCESO SOCIAL



Paso 1. Fundamento hidrológico

COMPONENTES DEL CAUDAL

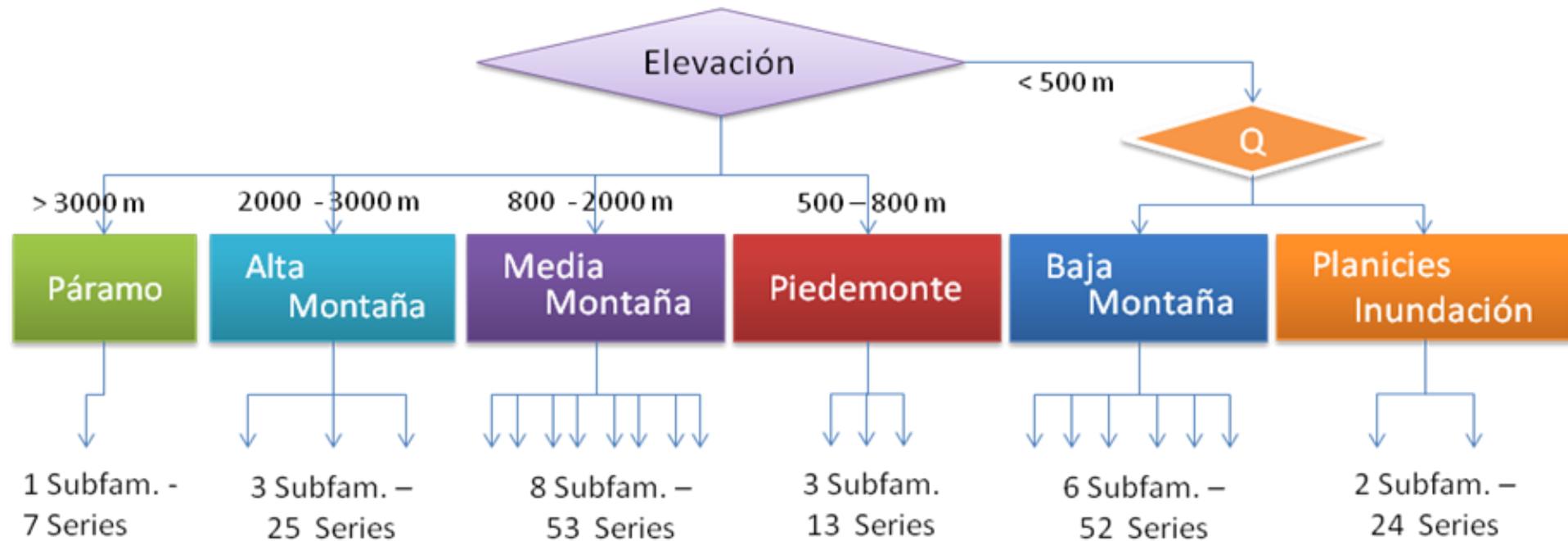
Resultado del **software**
IHA de TNC



Variables:

Magnitud, frecuencia, duración, temporalidad,
velocidad de cambio

Paso 2. Clasificación de ríos: 23 tipos en 6 familias



Paso 3. Identificación de alteraciones hidrológicas

RIO GUATIQUIA

Aguas arriba



Aguas abajo

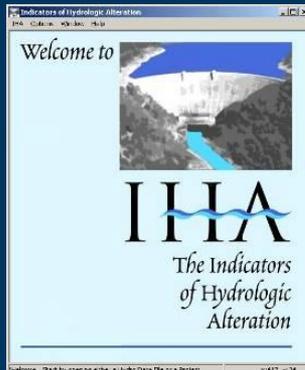
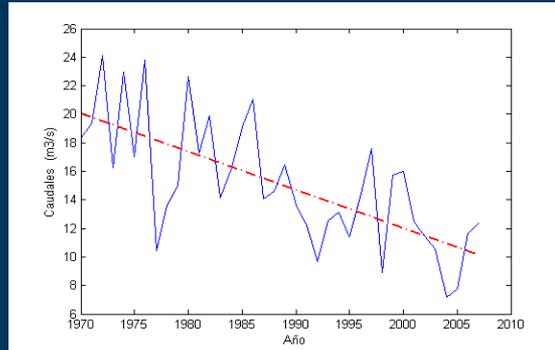
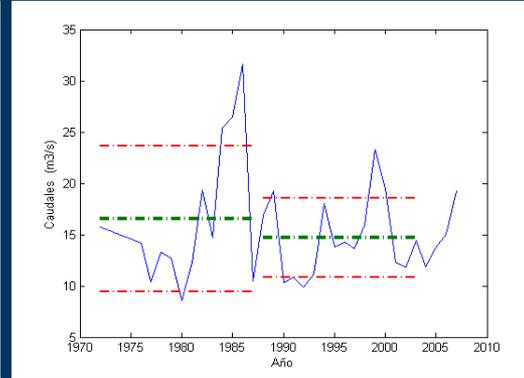
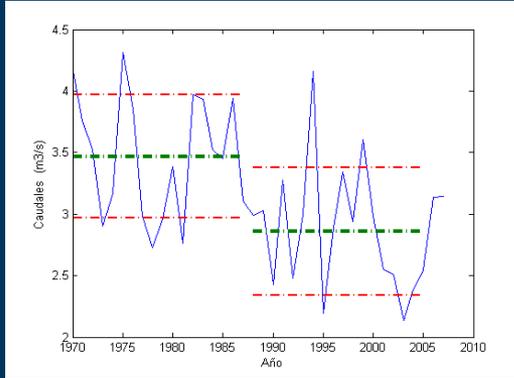


$Q = 10.13 \text{ m}^3/\text{s}$



$Q = 0.39 \text{ m}^3/\text{s}$

Paso 3. Identificación de alteraciones hidrológicas



Análisis de pruebas de homogeneidad en la Media y en la Varianza



Análisis de pruebas de tendencia



Análisis de Indicadores de Alteración Hidrológica (IHA)

Hidroeléctrica de Prado

Figura 1: Serie de caudales diarios -El boqueron-

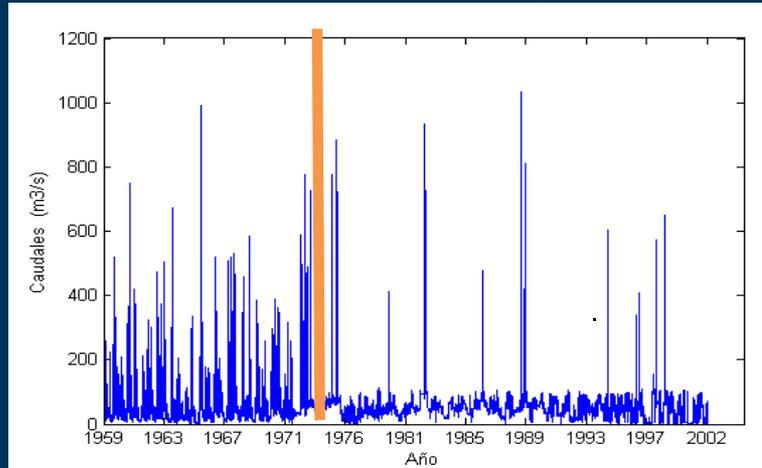


Figura 2: Serie de caudales mensuales -El boqueron-

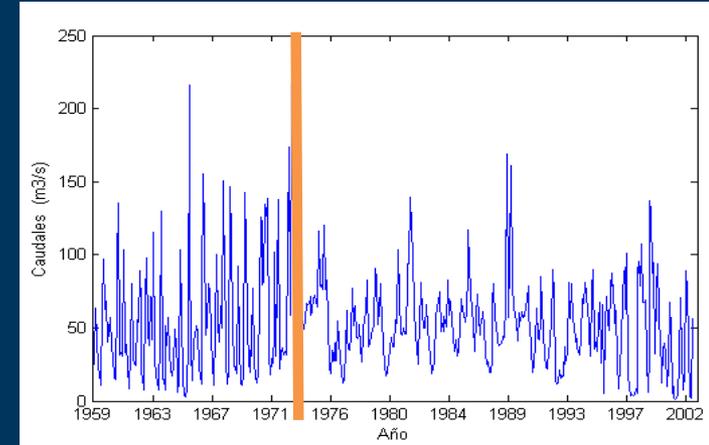
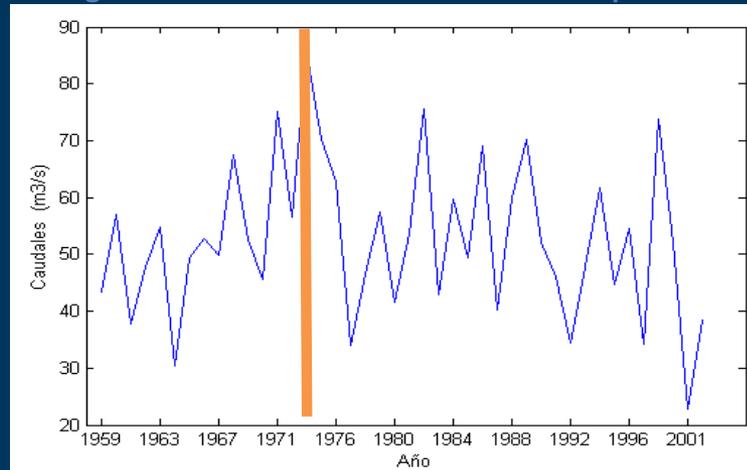


Figura 3: Serie de caudales anuales -El boqueron-



Inicio de operaciones en 1973

Tipo de turbina: Francis

Potencia instalada 60MW

Caudal de diseño 115m³/s potencia nominal

Salto neto 53.5 m

Año de construcción 1971

Área del embalse 42Km²

Paso 4. Relaciones Caudal-Ecología

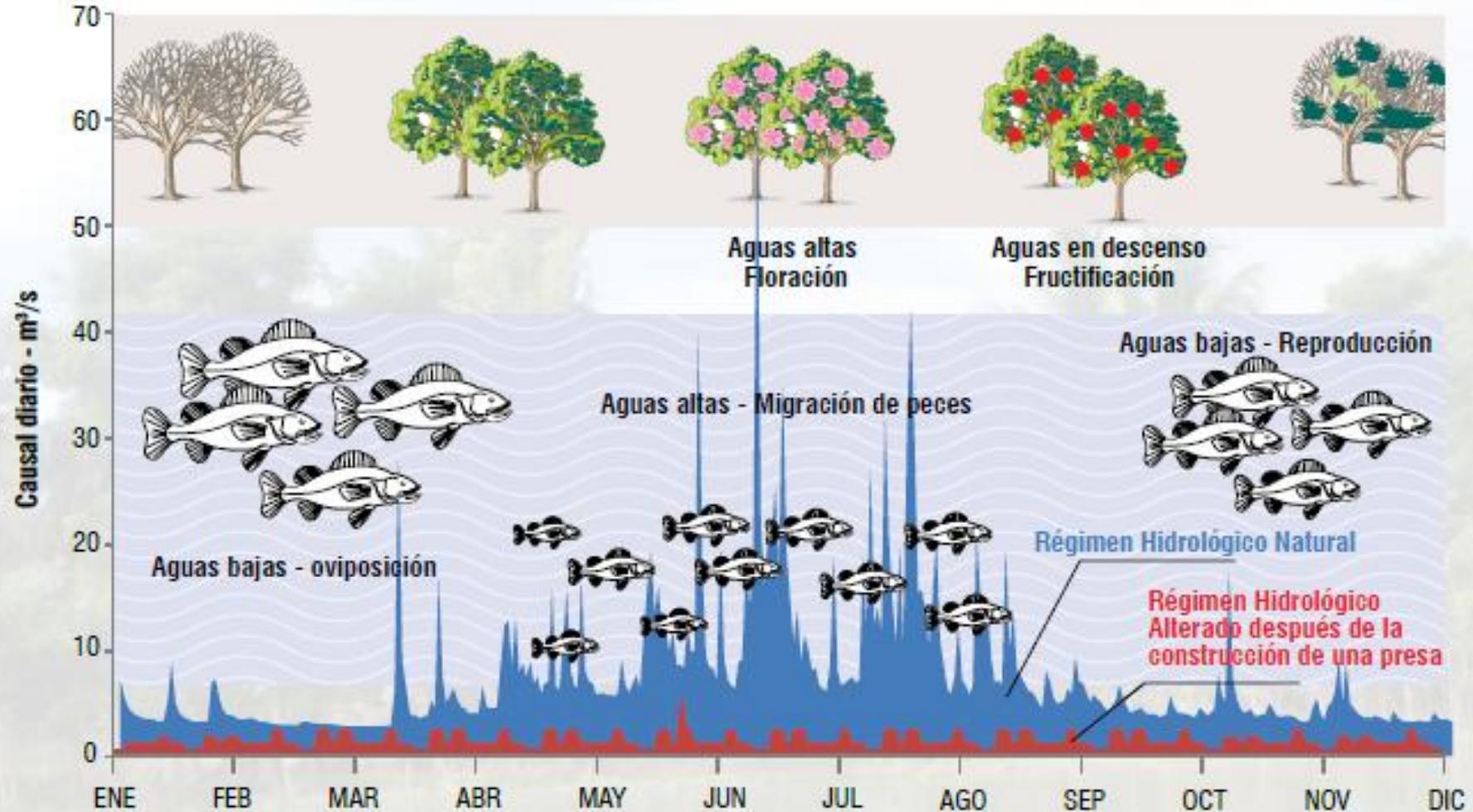
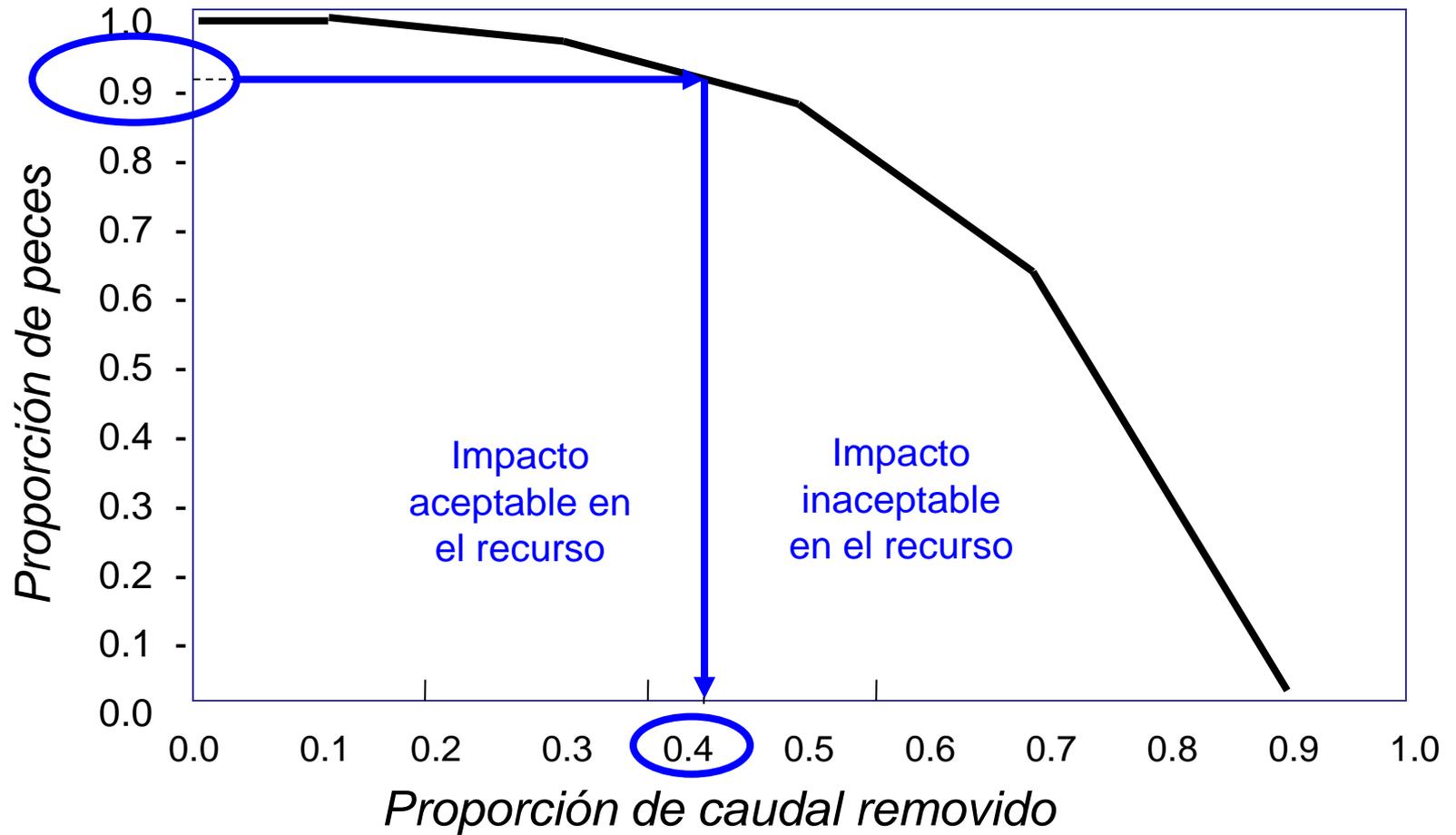


Figura 5. Dinámica temporal en un sistema ecológico de agua dulce. Basado en el modelo propuesto por Mc Bain and Trush. Adaptado Higgins et al. (2005).

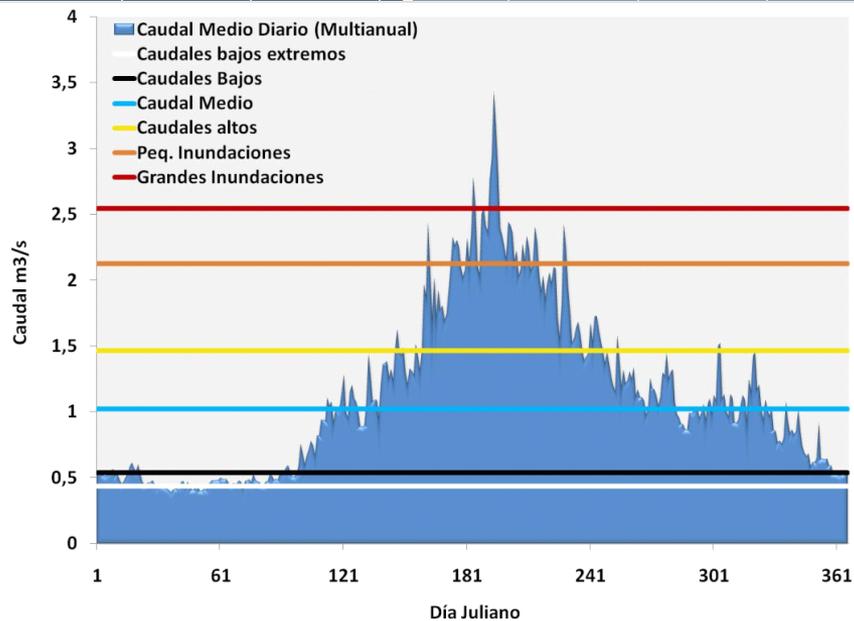
Hipótesis de relación: Alteración hidrológica - Respuesta ecológica

CONDICIÓN ECOLÓGICA

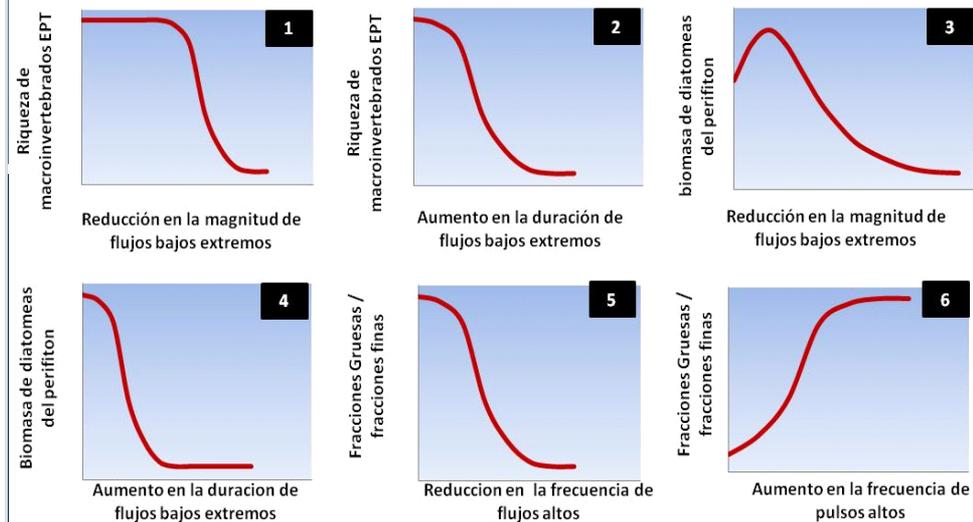


RECOMENDACIÓN (NORMA) DE CAUDAL AMBIENTAL

PARAMO MONOMODAL



PÁRAMO MONOMODAL

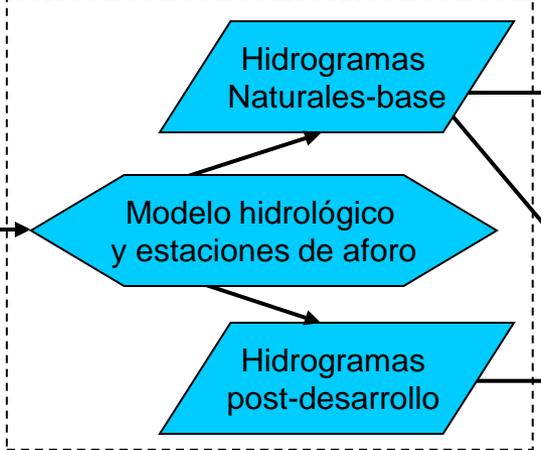


COMPONENTES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO	RELACIONES
CAUDALES BAJOS EXTREMOS	* Los caudales bajos extremos permiten el aumento de la riqueza de macroinvertebrados en comparación con períodos de caudal alto en los que son arrastrados por la corriente.
	* La magnitud y duración de los caudales bajos extremos permiten el aumento de la biomasa de diatomeas (períodos enero-marzo).
CAUDALES BAJOS	* La duración de los caudales bajos permite el crecimiento de juveniles de peces por la mayor oferta alimenticia en términos de biomasa de insectos.
	* La duración de los caudales bajos permite la acumulación de materia orgánica particulada gruesa, produciendo un aumento de la abundancia de las larvas de insectos trituradores en la corriente.
CAUDALES ALTOS	* La magnitud y duración de caudales altos son necesarias para el arrastre de sedimentos finos y reubicación de fracciones gruesas, favoreciendo la heterogeneidad de mesohábitats bentónicos
	* Las tasas de cambio (y posiblemente las inversiones del flujo) son una señal requerida por los peces para el inicio del proceso de maduración gonadal.
PEQUEÑAS INUNDACIONES	* La magnitud y frecuencia de las pequeñas inundaciones generan mayor densidad de invertebrados en deriva.
	* Las tasas de cambio (y posiblemente las inversiones del flujo) son una señal requerida por los peces para el inicio del proceso de maduración gonadal.

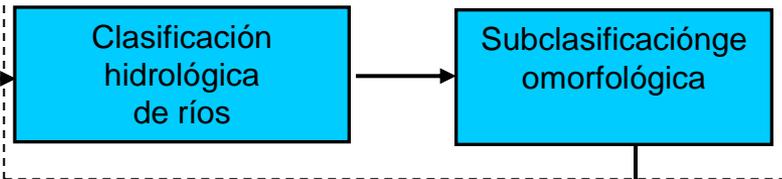
Gráfica	Alteración Hidrológica	Relación Alteración Hidrológica-Respuesta Ecológica
1	Reducción en la magnitud de los flujos bajos extremos	La riqueza de macroinvertebrados pertenecientes a los grupos EPT en sustrato rocoso se mantiene hasta un umbral máximo de alteración, descendiendo rápidamente una vez superado este umbral.
2	Aumento en la duración de los flujos bajos extremos	Un aumento en la duración de los flujos bajos extremos por encima de tres meses implicará una reducción en la riqueza de las taxa correspondientes a los grupos EPT
3	Reducción en la magnitud de los flujos bajos extremos	La biomasa de diatomeas del perifiton aumenta inicialmente como respuesta a la reducción de la magnitud del flujo hasta un umbral en el que empieza a decaer exponencialmente
4	Aumento en la duración de los flujos bajos extremos	Un aumento en la duración de flujos bajos extremos (más de dos semanas de sequia) ocasiona una disminución drástica o hasta desaparición de la comunidad de Diatomeas.
5	Reducción en la frecuencia de los flujos altos	Una reducción en la frecuencia de los flujos altos generaría una acumulación de las fracciones particuladas finas (< 1 mm) en el lecho del río (Orgánica e inorgánica).
6	Aumento en la frecuencia de los flujos altos	Un aumento en la frecuencia de los flujos altos generaría una acumulación de las fracciones particuladas gruesas (>1mm) en el lecho del río.

PROCESO CIENTÍFICO ELOHA (*Ecological Limits of Hydrologic Alteration*)

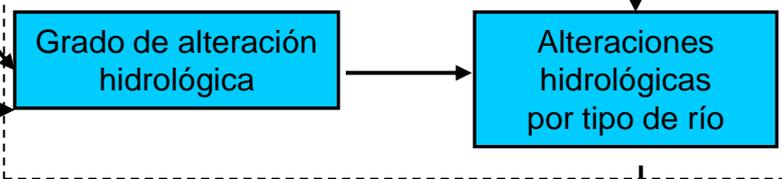
Paso 1. Fundamento hidrológico



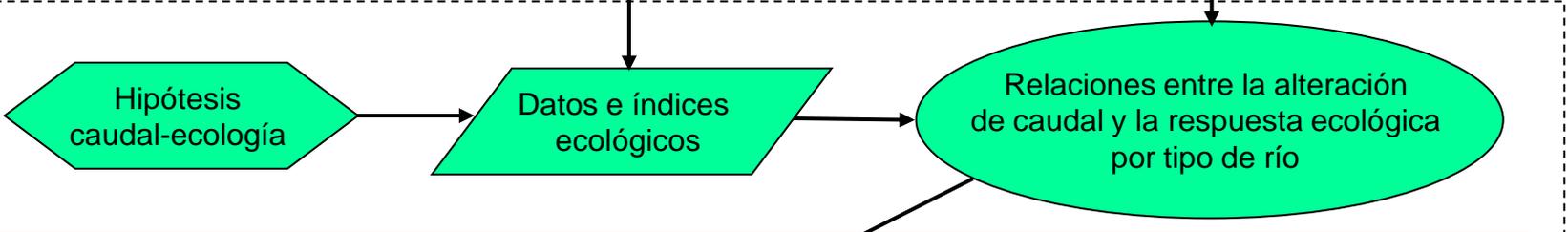
Paso 2. Clasificación de ríos



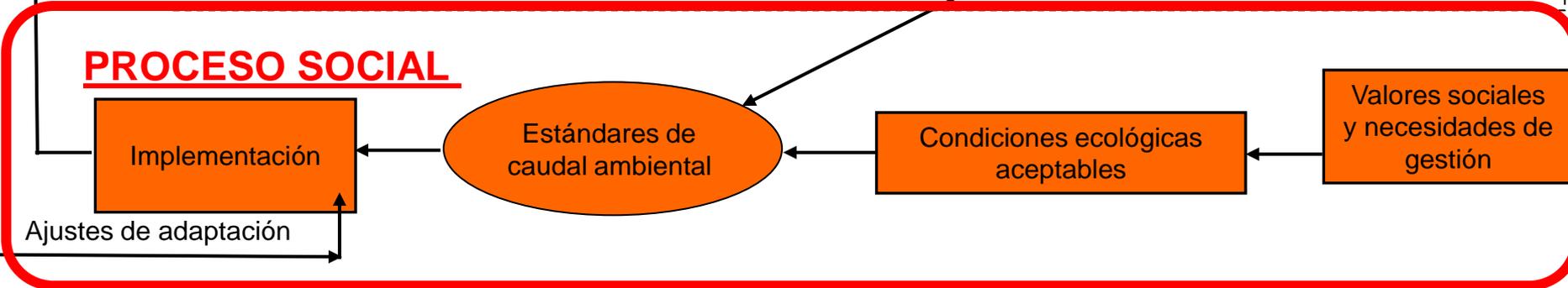
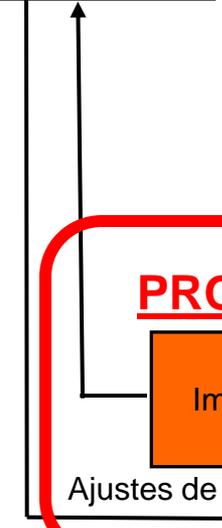
Paso 3. Alteración de caudales



Paso 4. Relaciones caudal-ecología



Monitoreo

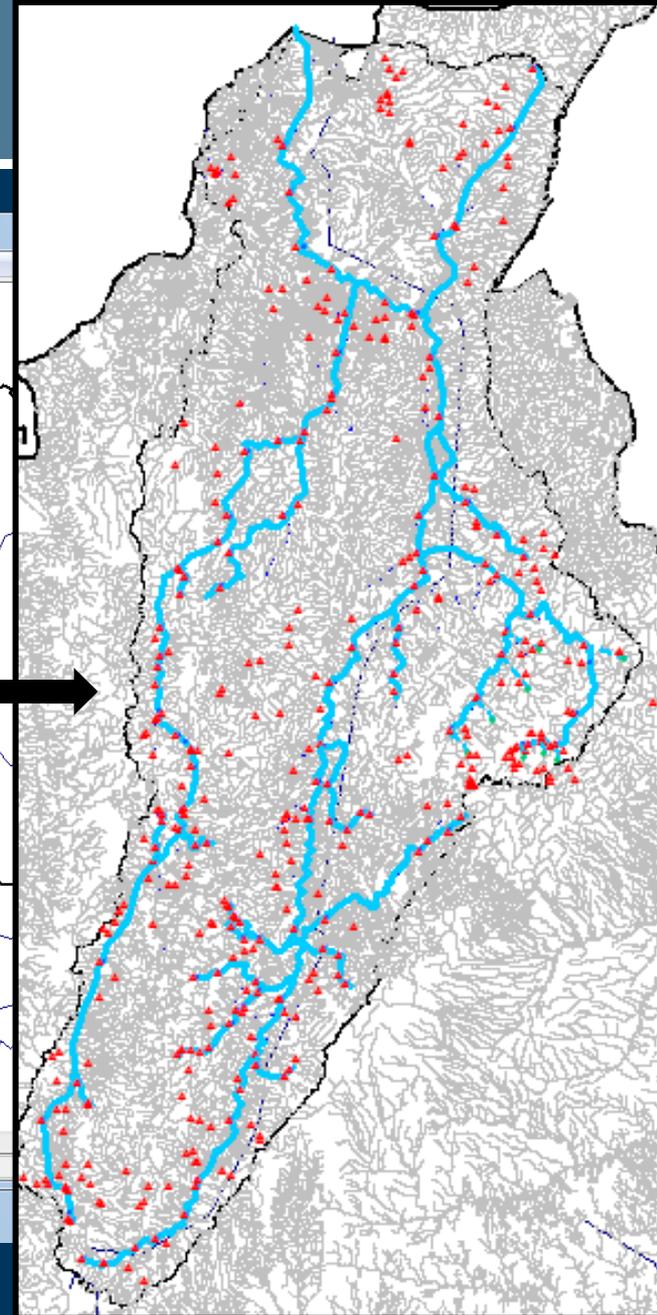


Herramienta para la Gestión Integral de la cuenca del Magdalena-Cauca

WEAP

“Water Evaluation and Planning System”

**(TNC – Stockholm Environment Institute –
Fundación Mario Santo Domingo – Shell - USAID)**



W WEAP: MagdalenaV03_Sog

Area Edit View Schematic General Advanced Help

Scenario Explorer

- River (21)
- Diversion
- Reservoir
- Groundwater
- Other Supply
- Demand Site
- Catchment (8)
- Runoff/Infiltration (8)
- Transmission Link
- Wastewater Treatment Plant
- Return Flow
- Run of River Hydro
- Flow Requirement
- Streamflow Gauge (122)

- Rios
- EstacionesCaW
- DrenajesW
- EstMagdyCaucaW
- EstacionesDL
- RedRiosPpales
- CuencaMagCauc
- Country
- Major Rivers

WEAP: 3.22 Area: MagdalenaV03_Sog 1986-2006 (monthly) Schematic View Streamflow Gauge: "C2205709"





GRACIAS

© Mark Godfrey