



La Gestión Integral de Recursos Hídricos Como Marco de la Economía Circular y de Análisis Hidro-económico

George Van Houtven, PhD
RTI International

Bogotá, Colombia
Noviembre 30, 2017

¿Qué es RTI International?



RTI es un instituto independiente y sin fines de lucro que proporciona servicios técnicos, de investigación y desarrollo a clientes gubernamentales y comerciales en todo el mundo.

Nuestra misión es mejorar la condición humana convirtiendo el conocimiento en práctica.

Presencia Global – Oficinas

12 
U.S. Offices

10 
International
Offices

Research Triangle Park, NC

Ann Arbor, MI

Atlanta, GA

Berkeley, CA

Chicago, IL

Nashville, Tennessee

Portland, Oregon

Rockville, MD

San Francisco, CA

Seattle, WA

Waltham, MA

Washington, DC

Abu Dhabi

Barcelona

Beijing

Jakarta

Ljungskile

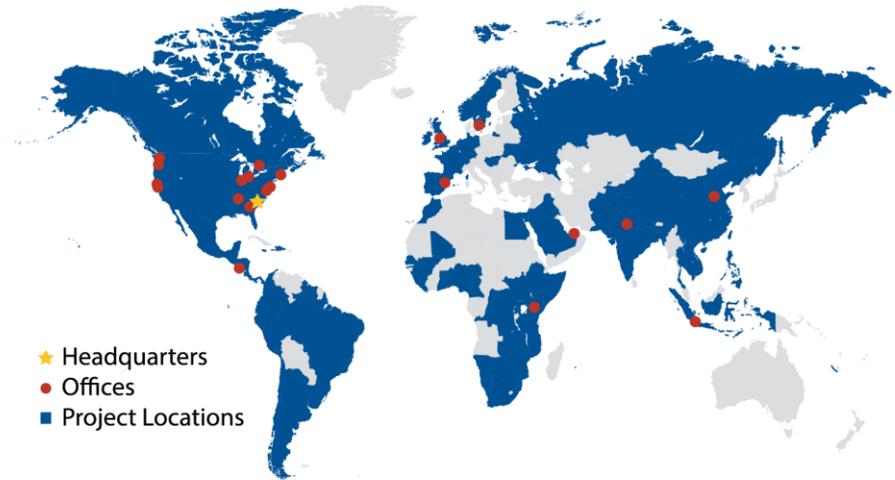
Manchester

Nairobi

New Delhi

San Salvador

Toronto



Experiencia Multidisciplinar

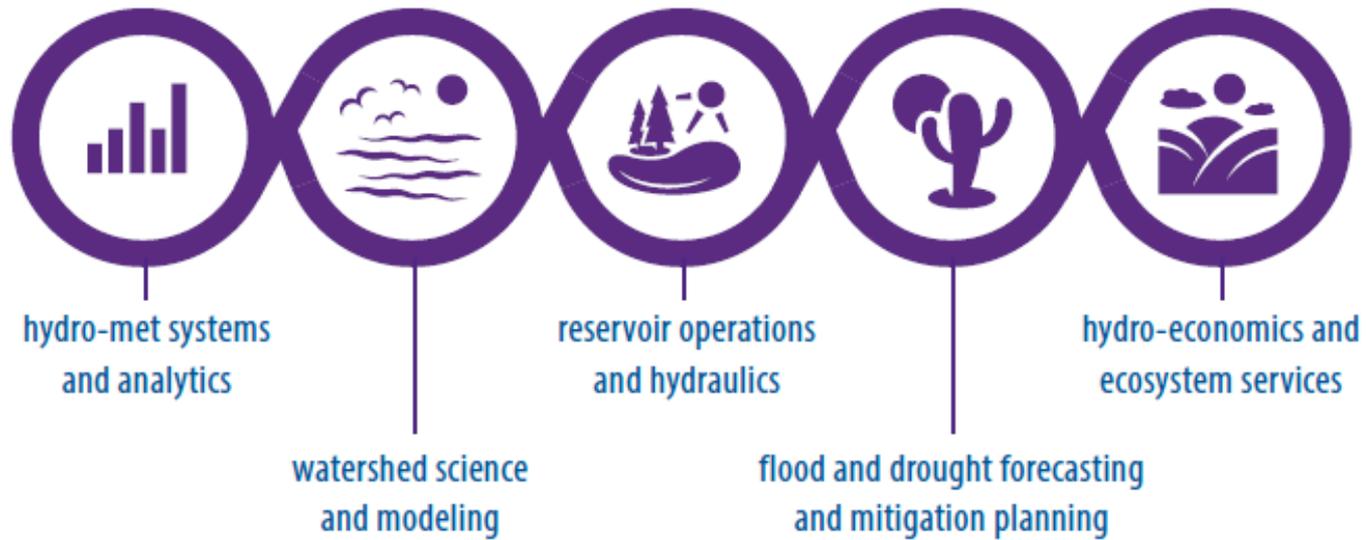
Mas de 250 disciplinas

- Biología
- Química
- Ciencias computacionales
- Economía
- Ingeniería
- **Ciencias ambientales**
- Desarrollo internacional
- Salud publica y epidemiologia
- Estadística
- Metodologías de encuesta



División de Gestión de Recursos Hídricos (WRM)

Servicios y Capacidades de RTI en la Gestión de los Recursos Hídricos:



- Marco y principios de la gestión integral de recursos hídricos
- Resumen del análisis hidro-económico y el nexo agua-alimentos-energía
- Modelo hidrológico Hydro-BID
- Ejemplo del análisis hidro-económico: caso de estudio en Pernambuco, Brasil

Marco de Gestión Integral de Recursos Hídricos

Principios de la Gestión Integral de Recursos Hídricos

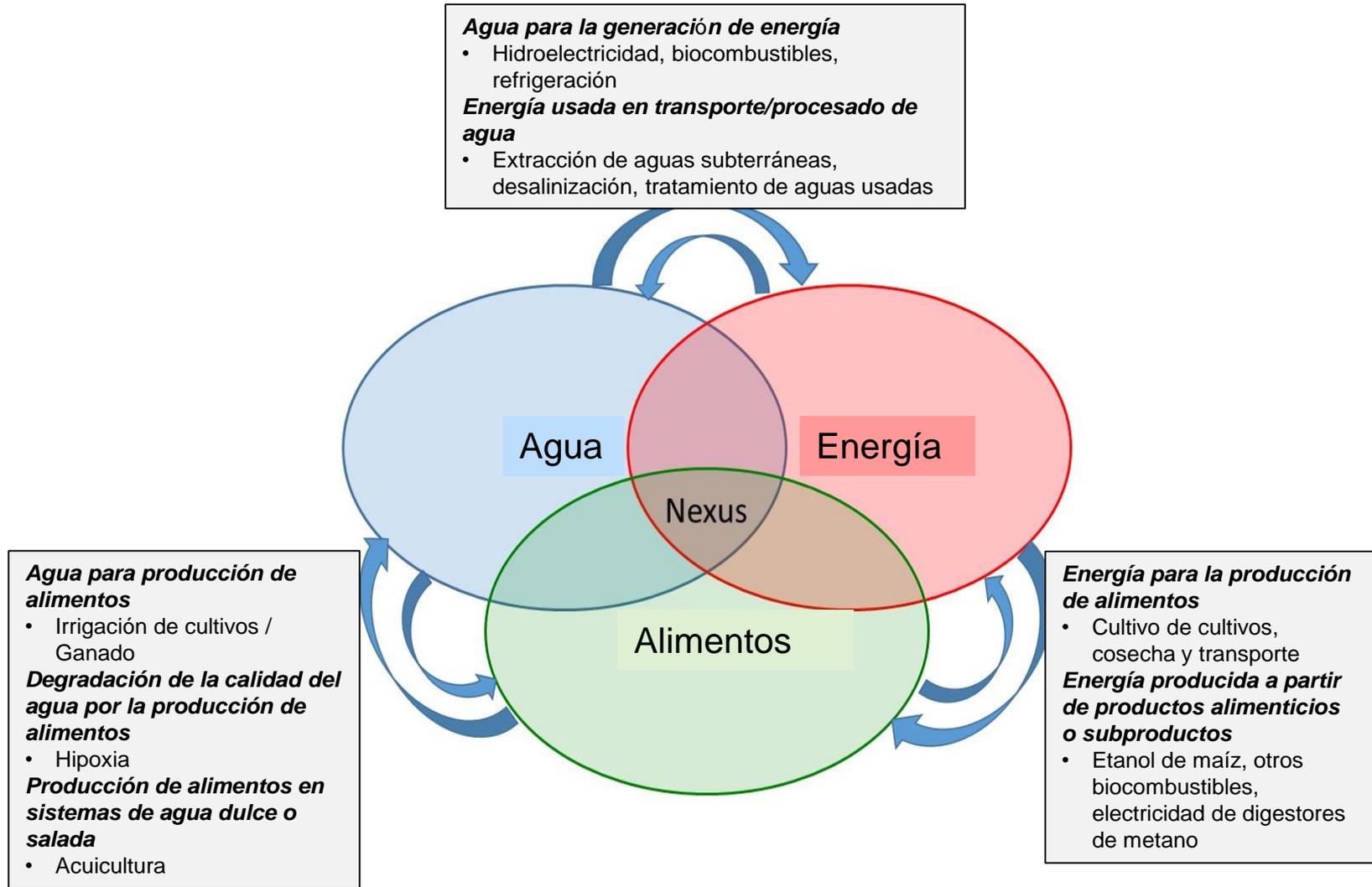
- Los tres objetivos estratégicos clave:
 - *Igualdad Social*: Igualdad de acceso para cada usuario.
 - *Eficiencia Económica*: Mayor beneficio para la mayor cantidad de usuarios posibles con recursos disponibles.
 - *Sostenibilidad Ecológica*: Mantener su funcionamiento natural.
- Los principios de Dublín
 - El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para la vida, para el desarrollo y para el medio ambiente
 - El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
 - La mujer juega un papel central en la provisión, gestión y protección del agua.
 - El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico

Los Principios de Bellagio Sobre la Valoración del Agua

- El Grupo de Alto Nivel sobre el Agua de las Naciones Unidas estableció los siguientes principios en 2017
 - El agua es un recurso preciado, frágil y peligroso.
 - Hacer explícitos todos los valores del agua les brinda reconocimiento y voz a dimensiones que, de lo contrario, suelen pasar desapercibidas.
 - La Iniciativa de Valorar el Agua del Grupo de Alto Nivel sobre el Agua es un proceso colaborativo destinado a formar promotores y generar un sentido de identificación en todos los niveles..
 - Los recursos hídricos son finitos y se encuentran bajo la amenaza de múltiples presiones.
 - Valorar el agua significa reconocer y considerar todos los beneficios que nos brinda este recurso y que atañen a las dimensiones económica, social y ecológica.
 - Valorar el agua puede contribuir a equilibrar los múltiples usos y servicios que posibilita este recurso y a orientar las decisiones en lo que respecta a la asignación del agua a los distintos usos y servicios a fin de maximizar el bienestar.
 - Una gestión eficaz del agua plantea una oportunidad transformadora para convertir el riesgo en resiliencia, la pobreza en bienestar y los ambientes degradados en sostenibles.
 - Existe una necesidad urgente de tomar medidas a la altura de las circunstancias.

Resumen del Análisis Hidro-económico y el Nexó Agua-Alimentos-Energía

Nexo de Agua-Alimentos-Energía



Marco de Análisis Hidro-económico Integrado

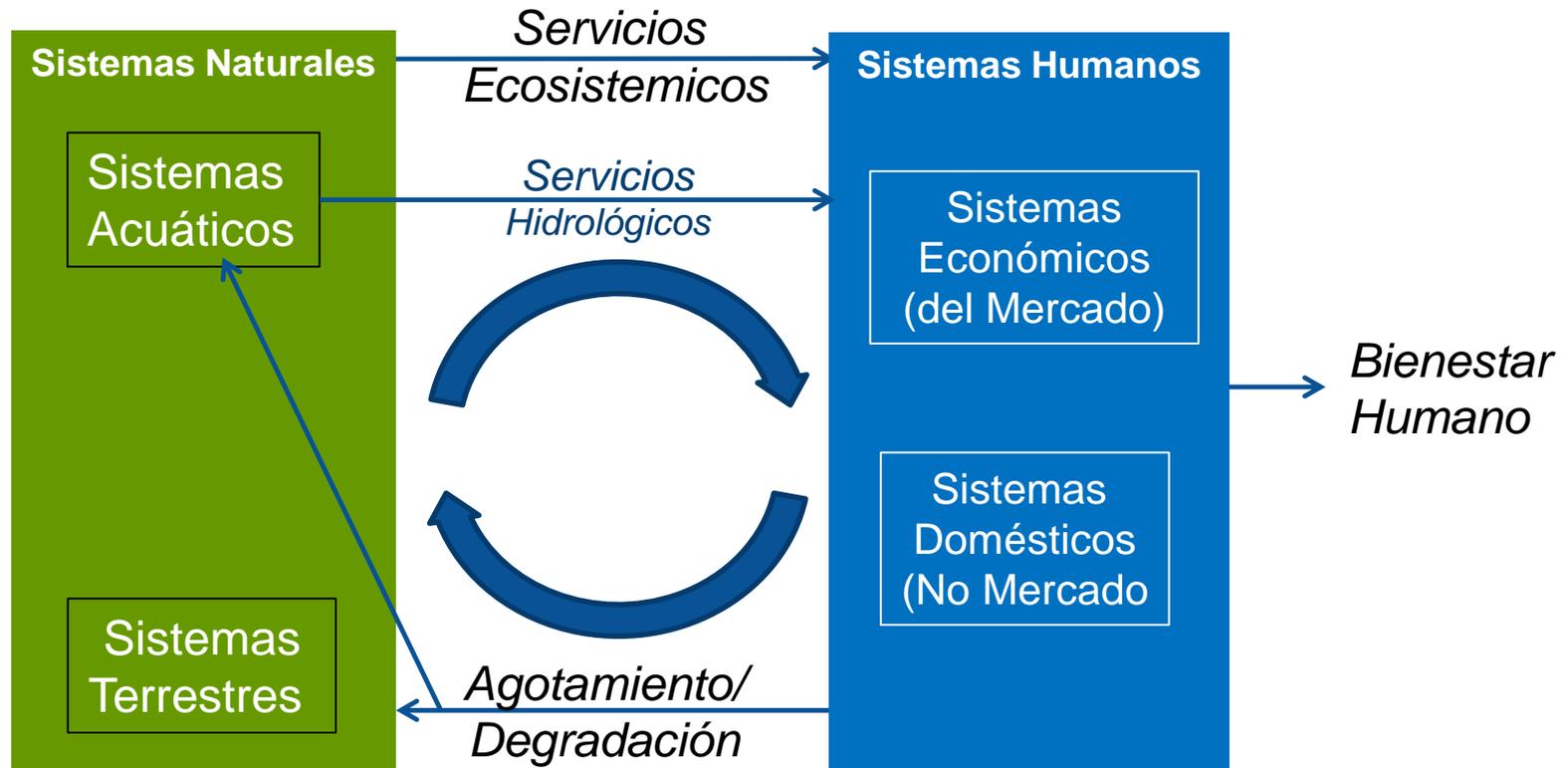
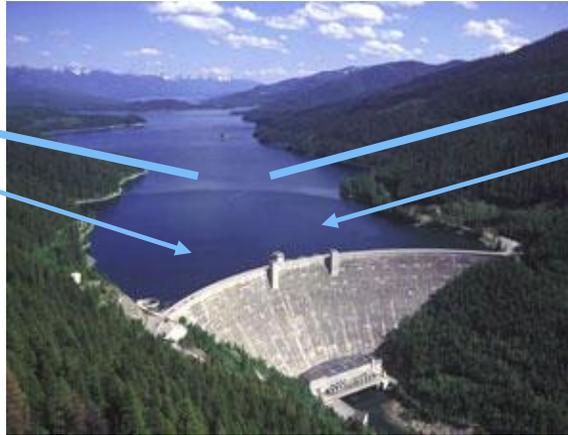


Ilustración de Análisis Hidro-económico

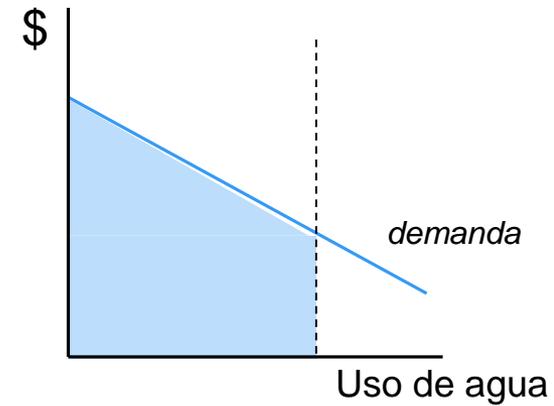
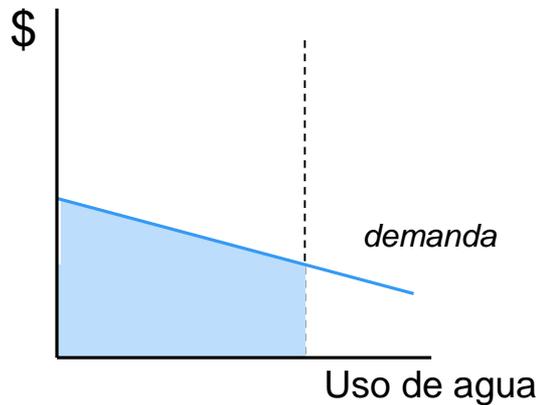
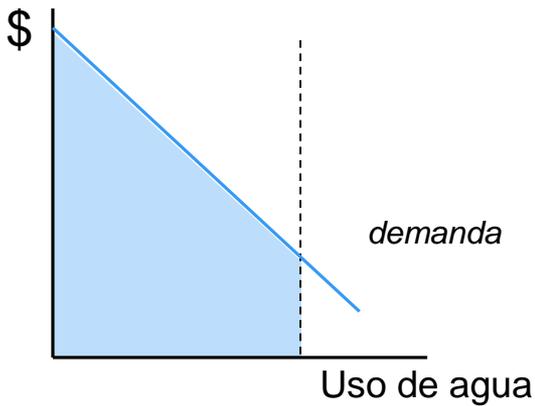


Sistemas Públicos de Suministro de Agua

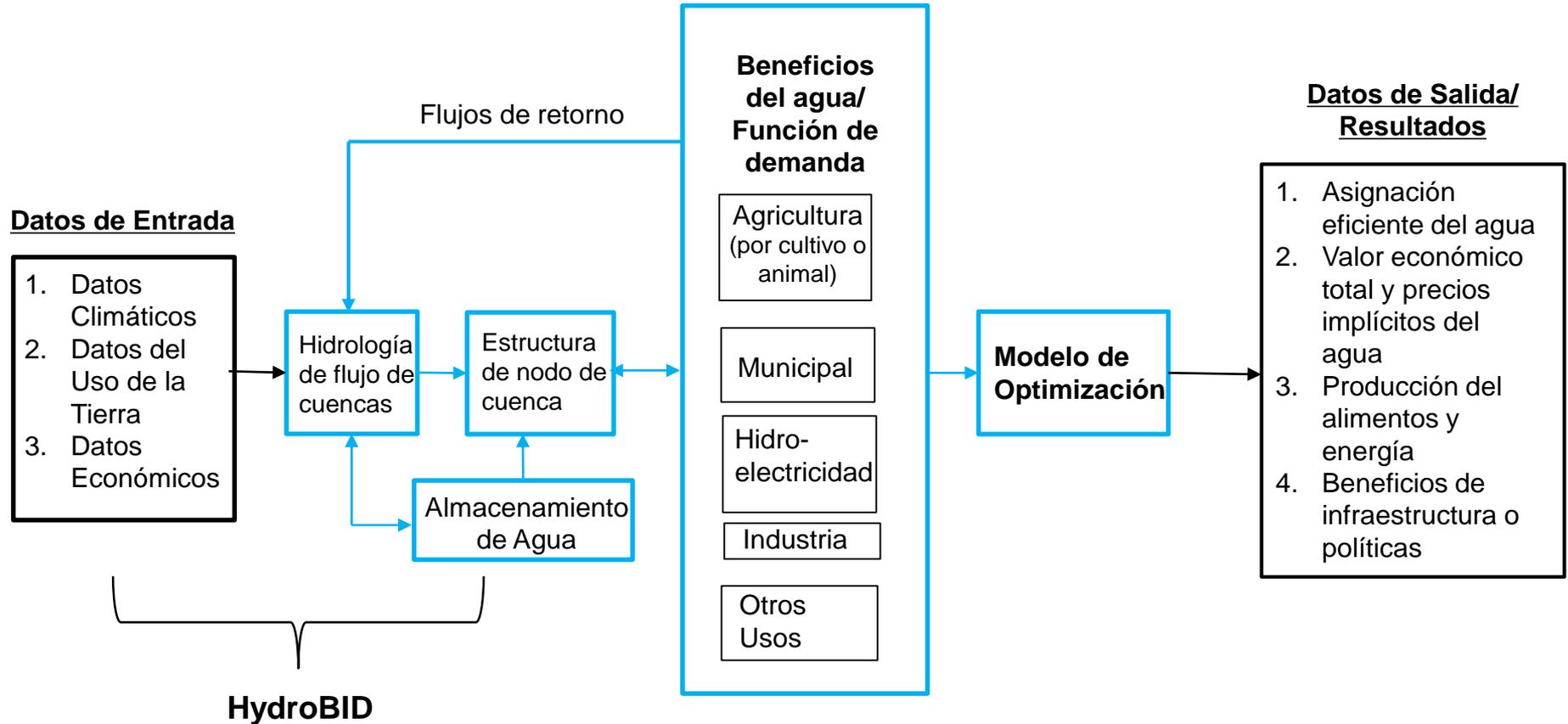
Productores de Energía Hidroeléctrica



Productores Agrícolas



Sistema de Modelaje Para Análisis Hidro-económico en LAC



Modelo Hidrológico Hydro-BID

México/América Central

- 33,000 cuencas y ríos
- Área promedio: 84 km²
- Longitud promedio de ríos: 10 km

América del Sur

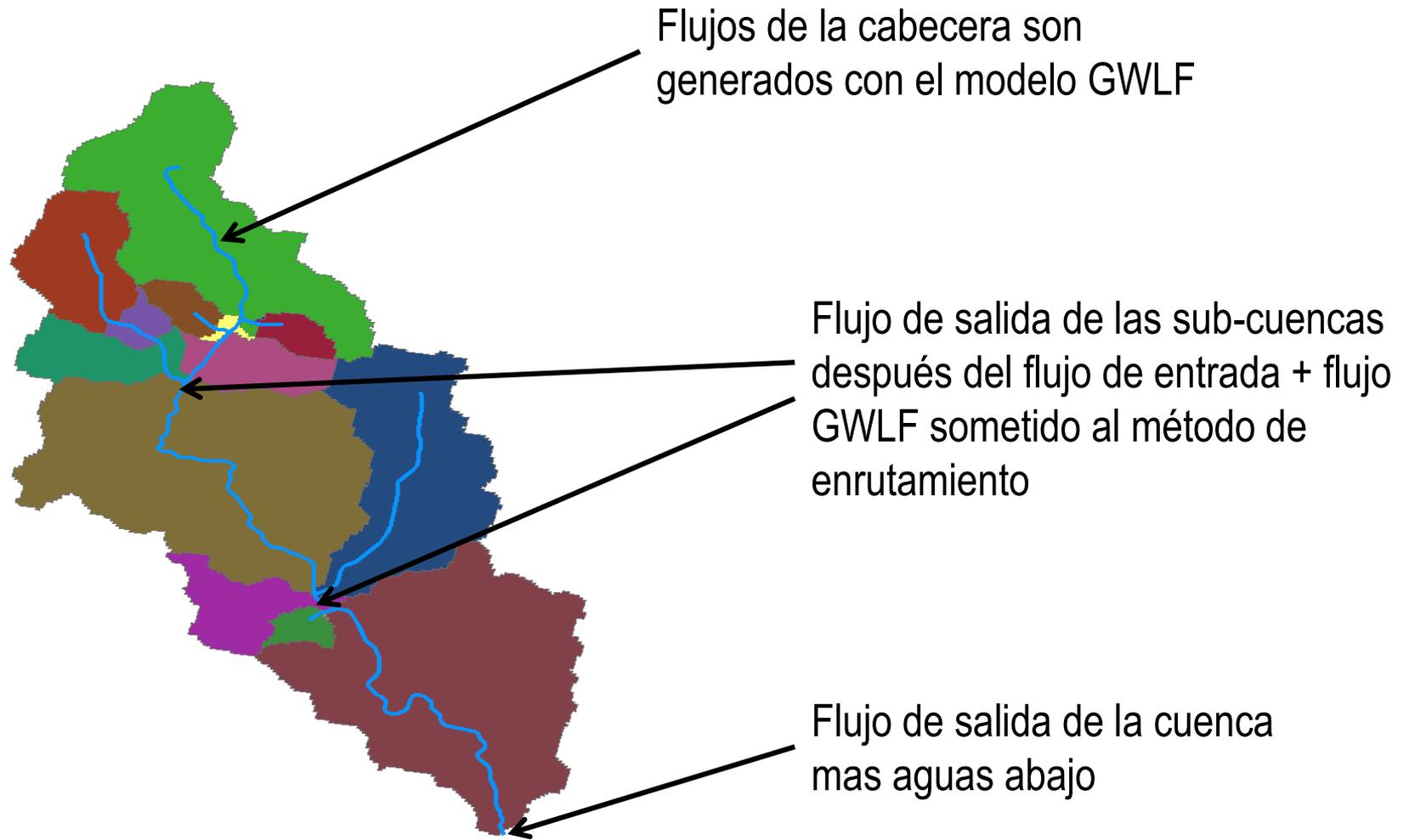
- 193,000 cuencas y ríos
- Área promedio: 92 km²
- Longitud promedio de ríos: 11 km



El Caribe

- 3,300 cuencas y ríos
- Área promedio: 72 km²
- Longitud promedio de ríos: 11 km

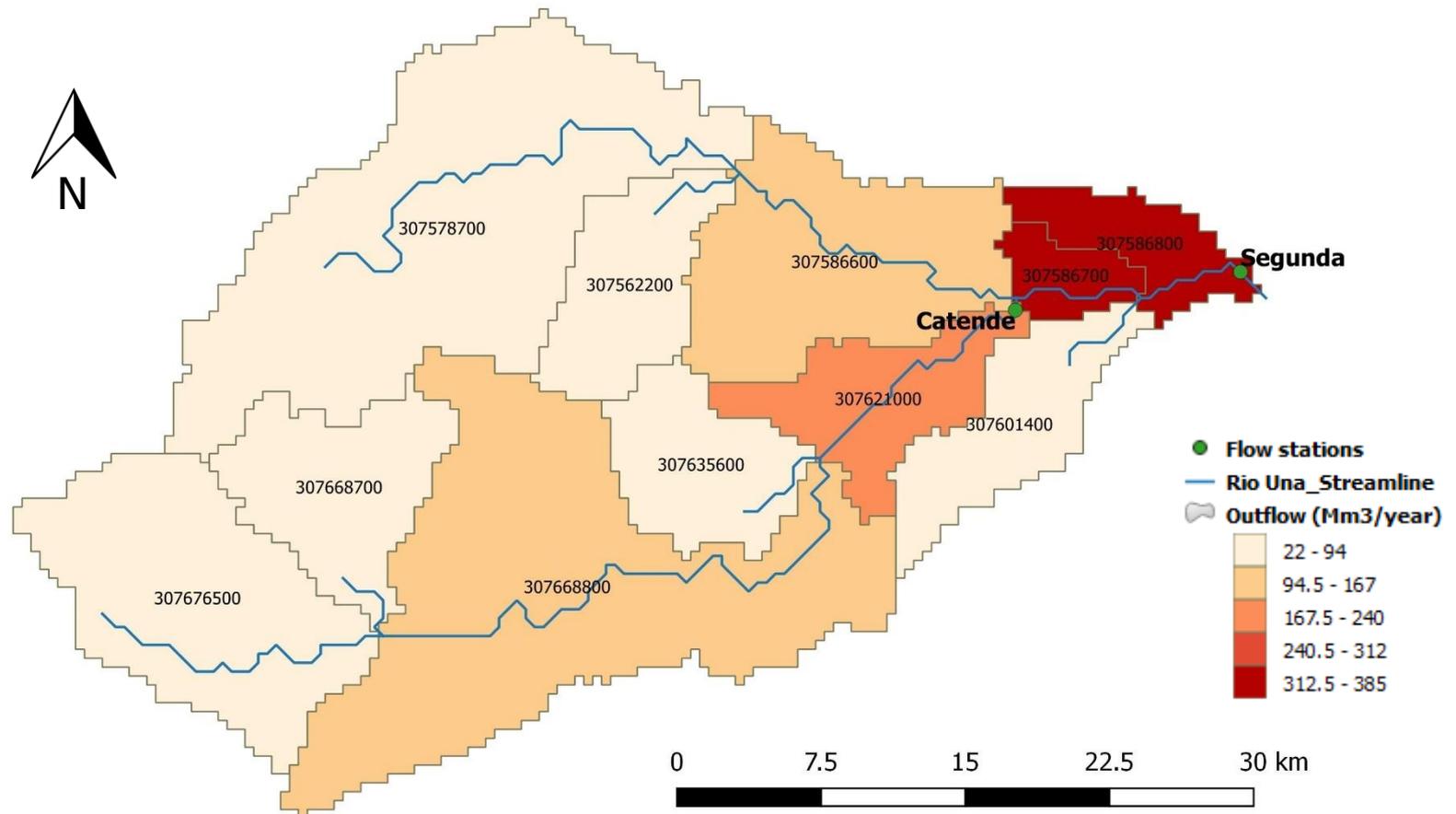
Enrutamiento del Flujo de Agua



Método de enrutamiento retardado es aplicado de una sub-cuenca a otra para calcular el flujo en la salida de la cuenca

Visualización Espacial

Promedio Anual de Caudales para la Cuenca Una, Noreste Brazil



Casos de Estudio de Hydro-BID - Completados



Cuenca Chalpi

Evaluar el impacto del cambio climático en las inversiones de agua propuestas para el suministro de agua de Quito

Estado de Pernambuco

Evaluar la asignación óptima de agua superficial entre los usuarios agrícolas y municipales al vincular Hydro-BID con un modelo de optimización económica

Cuenca del Río Piura

Evaluar los posibles cambios en la disponibilidad futura de agua ante varios escenarios de cambio climático

Cuencas Chanchay-Lambayeque y Piura

Modelar los flujos de agua y carga de sedimentos en la Cuenca Chanchay-Lambayeque. Modelar la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca alta de Piura

Nacional

Implementar Hydro-BID a nivel nacional en Perú; 40 empleados entrenados; 22 cuencas modeladas

Cuenca del Río Grande

Evaluar opciones para abordar la escasez de agua estacional a través de mejoras en la eficiencia de los usos agrícolas y urbanos del agua

Cuenca del Río Bermejo

Comparar dos métodos de cálculo de la carga de sedimentos y proporcionar sensibilidad de las cargas de sedimentos ante cambios climáticos futuros

Completado

Casos de Estudio de Hydro-BID – En Curso



Nacional

Implementar Hydro-BID a nivel nacional en Guatemala

Estado de Pernambuco

Desarrollar y operacionalizar un conjunto integrado de herramientas que apoyen el logro de una estrategia optimizada de gestión y suministro de agua

Nacional

Implementar Hydro-BID a nivel nacional en Ecuador

Regional

Implementar Hydro-BID a nivel regional en Argentina, en la cuenca de los rios Limay, Neuquén y Negro

Completado

En Curso

Casos de Estudio de Hydro-BID – En Curso y Futuros (2018)



Completado

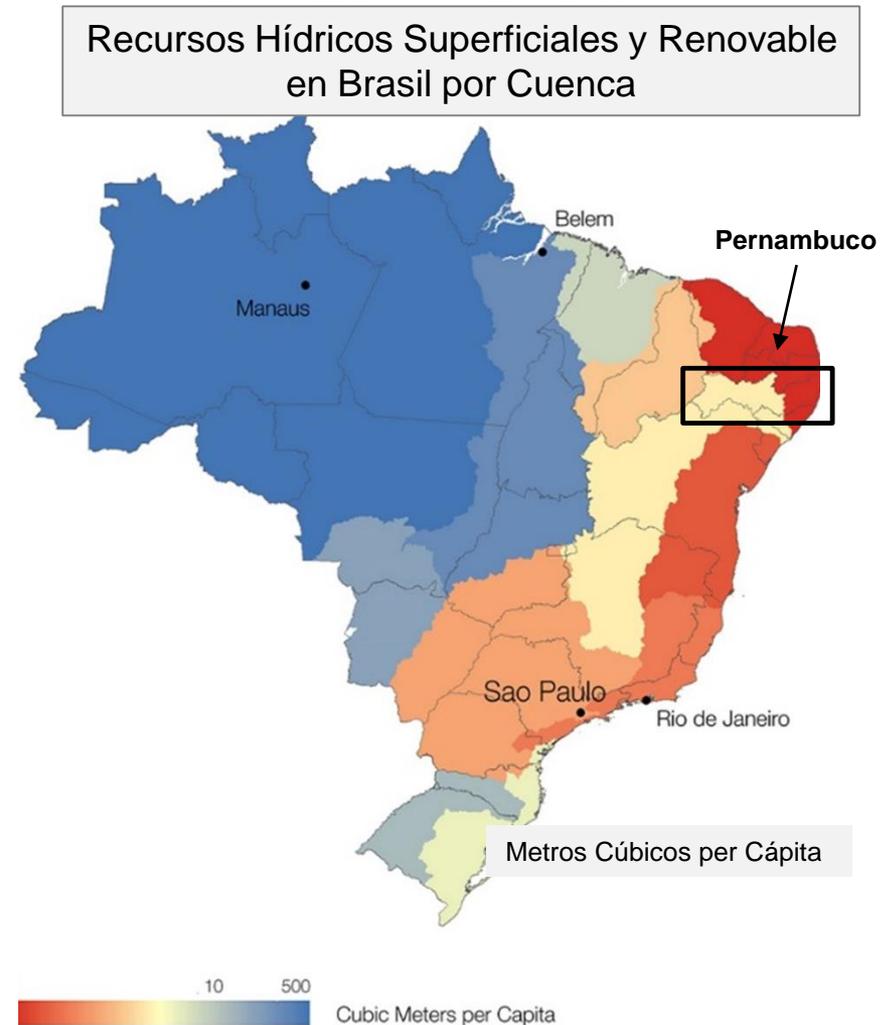
En Curso

Próximamente

Ejemplo de Análisis Hidro-económico: Caso de Estudio en Pernambuco Brazil

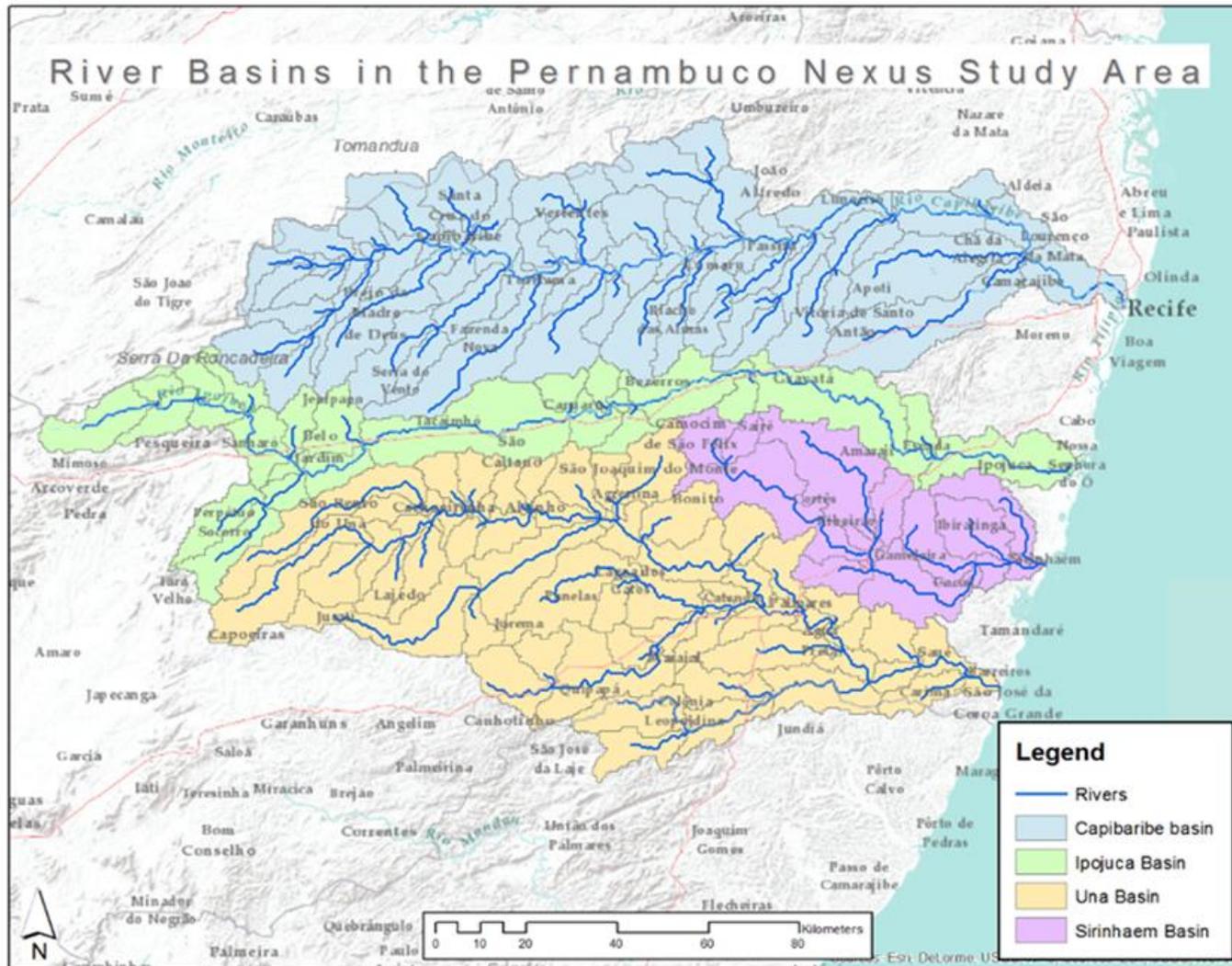
Contexto del Área de Estudio

- Pernambuco es uno de los estados más secos en Brasil, cuenta con una disponibilidad de agua per cápita de 1,320 m³/año
- La demanda de agua está creciendo rápidamente, particularmente para el riego de cultivos
- La demanda de agua está siendo cumplida en parte a través de un proyecto de transferencia del río Sao Francisco



Área del Caso de Estudio

- Cuatro cuencas prioritarias con una área total de 20,000 km²

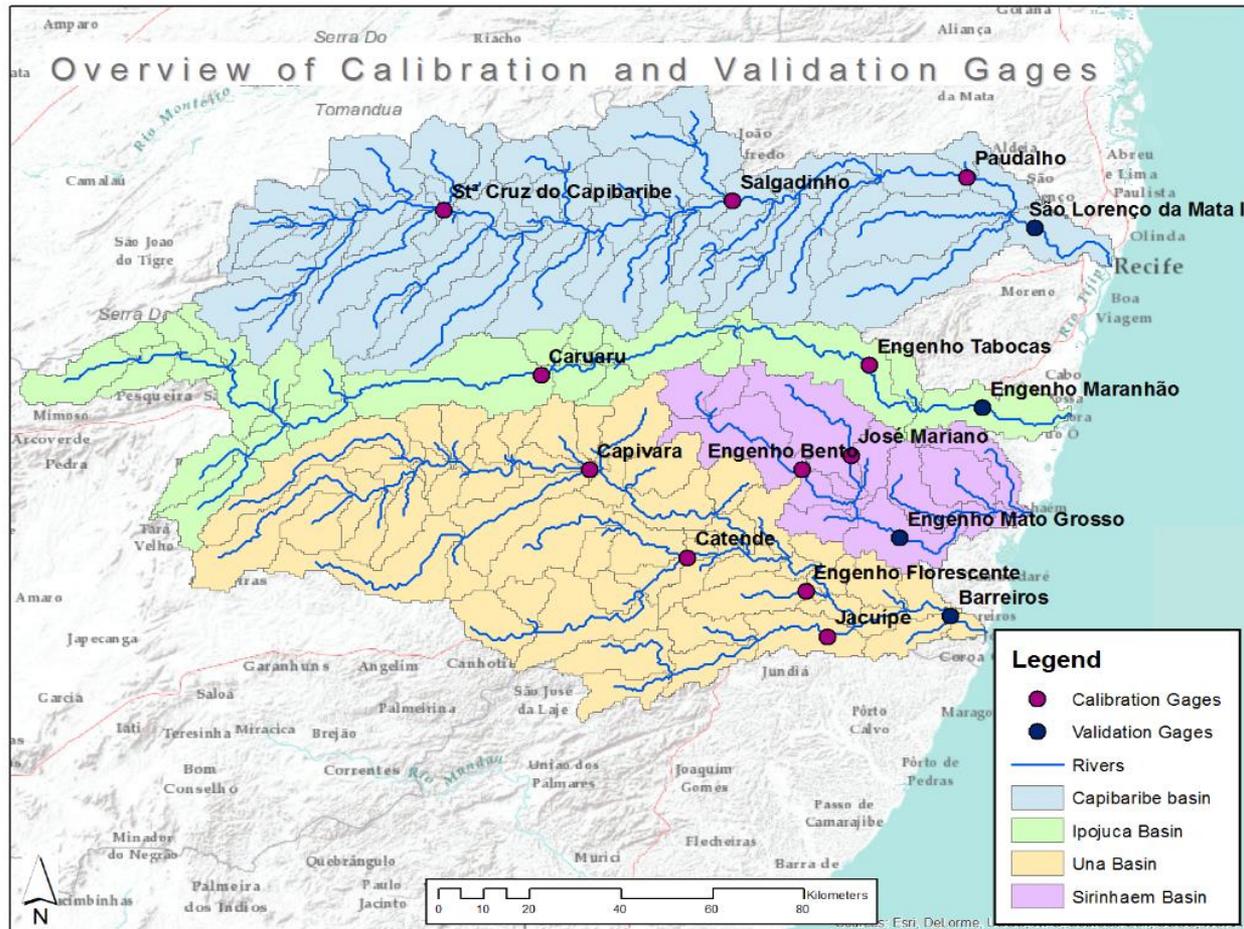


Objetivos del Estudio

- Desarrollar y demostrar un marco integrado de modelos hidro-económicos para:
 1. Estimar una asignación de agua más económicamente eficiente (optima) en cada cuenca a través de:
 - Grupos de usuarios (agricultura y sistemas públicos de suministro de agua)
 - Espacio (sub-cuencas)
 - Tiempo (mensual)
 2. Estimar los beneficios económicos (valor) del agua y de los proyectos de infraestructura de agua bajo escenarios climáticos alternativos.
 - Proyectos de transferencia de agua

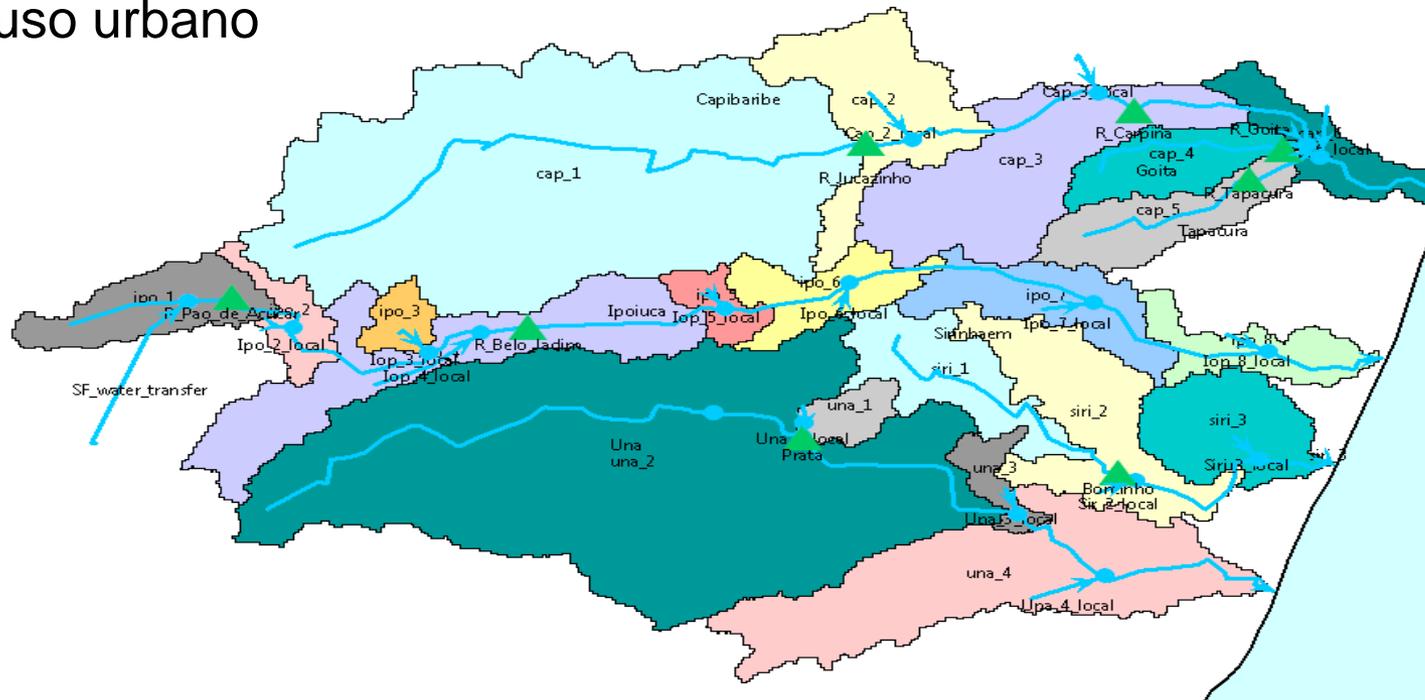
Paso 1: Desarrollar y Calibrar el Modelo de Flujos Hidrológicos

- Hydro-BID estima flujos naturales diarios y mensuales en 175 cuencas AHD.



Paso 2: Desarrollar un Esquema Simplificada de Nodos

- Usamos el modelo WEAP para especificar 21 nodos (grupos de cuencas AHD)
- Cada nodo
 - agrega flujos naturales a través de sus cuencas AHD (HydroBID)
 - incluye la extracción de agua y los retornos para la agricultura y el uso urbano



Paso 3: Desarrollar Funciones de Demanda para Usos Competitivos del Agua

- **Beneficios del sector agrícola (ganancias)**
 - Estimamos los requisitos mensuales de agua y riego para 7 cultivos principales (usando la metodología de FAO)
 - Estimamos las funciones de ganancias para cada área basado en el área de tierra cultivada, los precios promedio de los cultivos, y costo promedio de la producción.
- **Beneficios del sector Municipal (disposición a pagar de los hogares)**
 - Transferimos los resultados de una encuesta de valoración contingente realizada en el este de Brasil (Rosado et al., 2006)
 - Usamos las estimaciones de la disposición promedio de los hogares para pagar una conexión nueva o mejorada al sistema público de agua

Paso 4: Desarrollar un Modelo de Optimización Económica

- El modelo (programado en GAMS) selecciona la asignación de agua a través de meses (t), sub-cuencas (i) y usuarios que:

Maximiza los beneficios totales

$$\sum_{it}(AgBenef_{it}+MunicipalBenef_{it})$$

Sujeto a una restricción de balance de agua entre cuencas

$$W_{i \rightarrow i+1,t} = W_{i-1 \rightarrow i,t} + Afluencia_{it} + Transfer_{it} \\ - \Delta Almacenamiento_{it} - AgAgua_{it} - AguaMunicipal_{it}$$

- $W_{i \rightarrow i+1,t}$ = Flujo al nodo río abajo
- $W_{i \rightarrow i-1,t}$ = Flujo al nodo río arriba
- $Afluencia_{it}$ = Entradas naturales de precipitación en nodo (Hydro-BID)
- $Transfer_{it}$ = Transferencia de agua de otra cuenca
- $\Delta Almacenamiento_{it}$ = Aumento en el almacenamiento de reservorios en el nodo
- $AgAgua_{it}$ = Retiros agrícolas netos del nodo
- $AguaMunicipal_{it}$ = Retiros municipales netos del nodo

1. Escenarios climáticos

- Cada año de 2003 a 2013 representa condiciones diferentes de precipitación y temperatura

2. Transferencias de agua

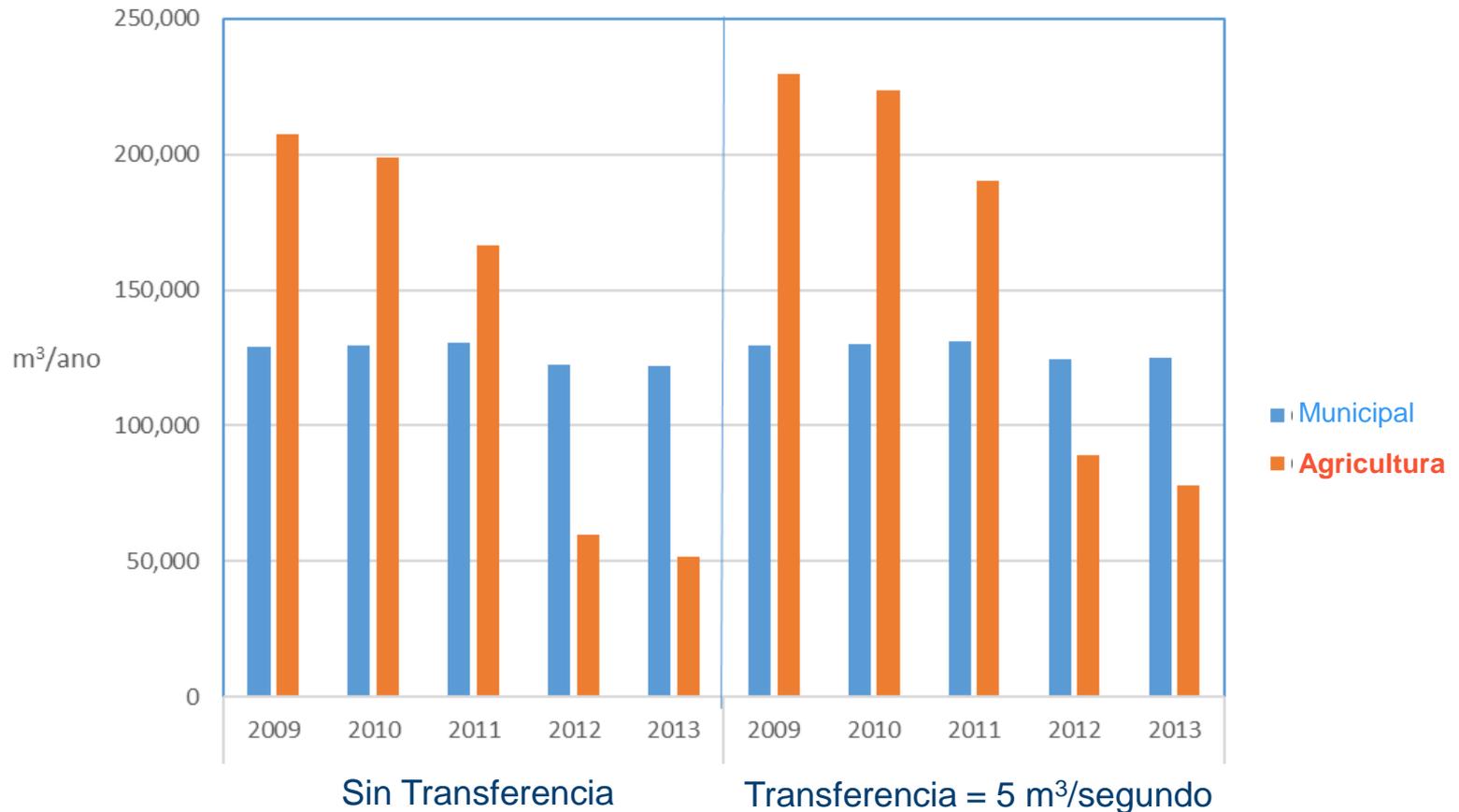
- 1, 5, o 10 m³/segundo al nodo cabecero de cada uno de las cuatro cuencas

3. Expansión de área irrigada para la producción de biocombustibles

- Permite la expansión de tierras irrigadas para la cultivación de caña de azúcar

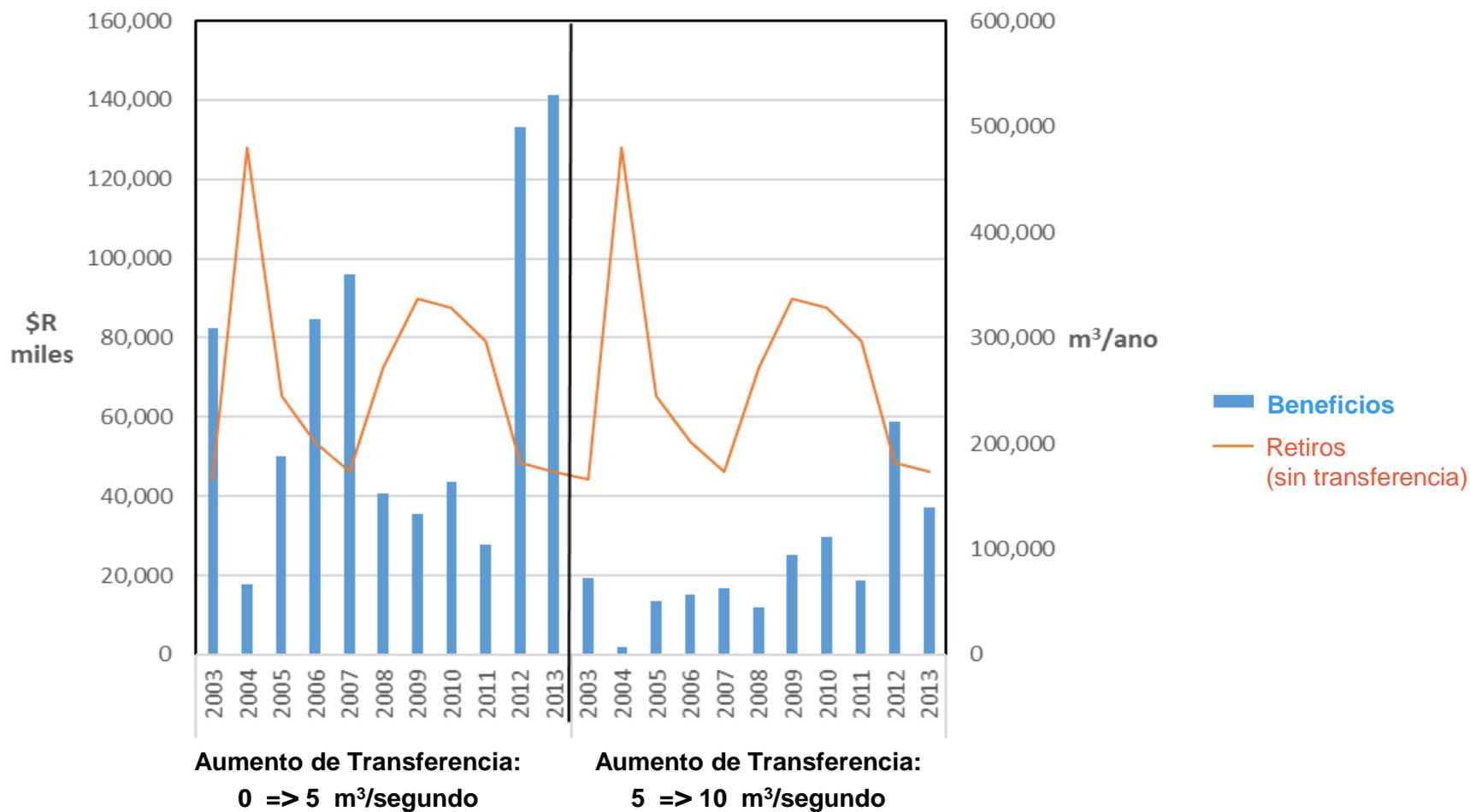
Resultados Seleccionados

- Estimación de asignaciones eficientes de retiros anuales en la cuenca Capibaribe (por usuario, año, y escenario de transferencia)



Resultados Seleccionados

- Beneficios anuales de las transferencias de agua a la cuenca Capibaribe (por año y escenario de transferencia)



- Estos ejemplos muestran como utilizamos los métodos hidro-económicos para informar la gestión integral de recursos hídricos y analizar los intercambios que existen en el nexo del agua-alimento-energía
- Próximos pasos
 - Desarrollar un modelo dinámico que incluye múltiples años en sucesión
 - Desarrollar casos de estudio que incluyen la producción de energía hidroeléctrica como usuario de agua
 - Ampliar el modelo para incluir sinergias entre los usos de agua, por ejemplo el reuso de aguas residuales en el sector agrícola

¡Gracias!

gvh@rti.org