



***Hydro-BID: Hidrología y Clima en
Latinoamérica y el Caribe
Modelo de Simulación Regional***

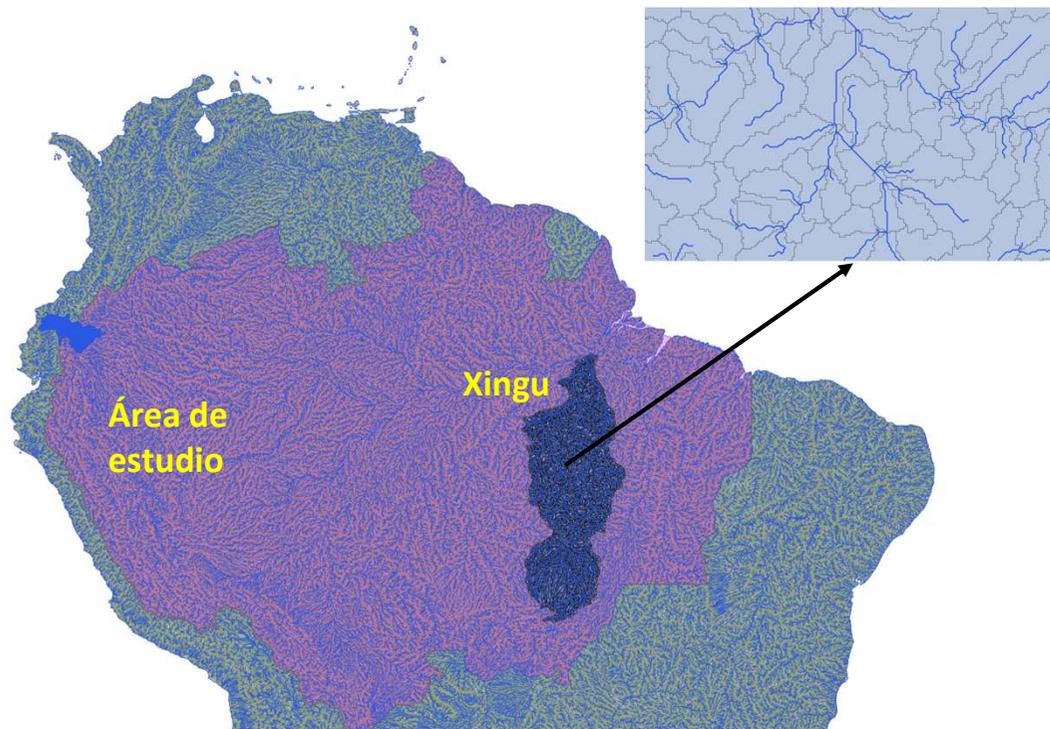
**Fernando Miralles Wilhelm
Septiembre 2023**



Hydro-BID

- Plataforma de modelaje hidrológico desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para simular el ciclo hidrológico, presente y futuro, en América Latina y el Caribe.

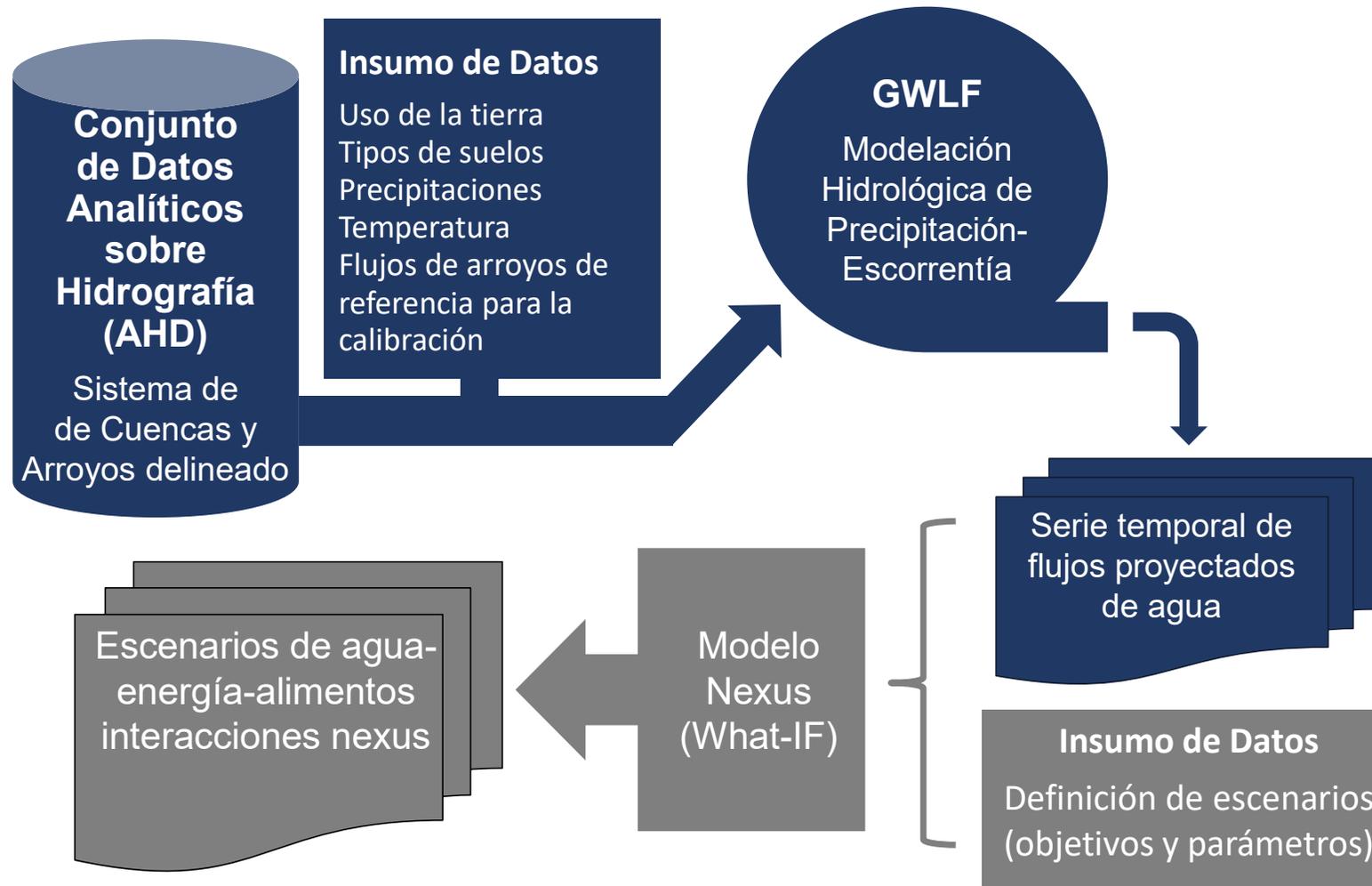
Área de estudio y subcuencas dentro de la cuenca del Xingu



Usos Previstos del Hydro-BID

- Estimar la disponibilidad de agua dulce a escala de macrocuencas, cuencas y subcuencas
- Simular los efectos del cambio climático en la oferta hídrica
- Planificación y Manejo de los Recursos Hídricos

Flujograma del Hydro-BID y acoplamiento con el modelo Nexus



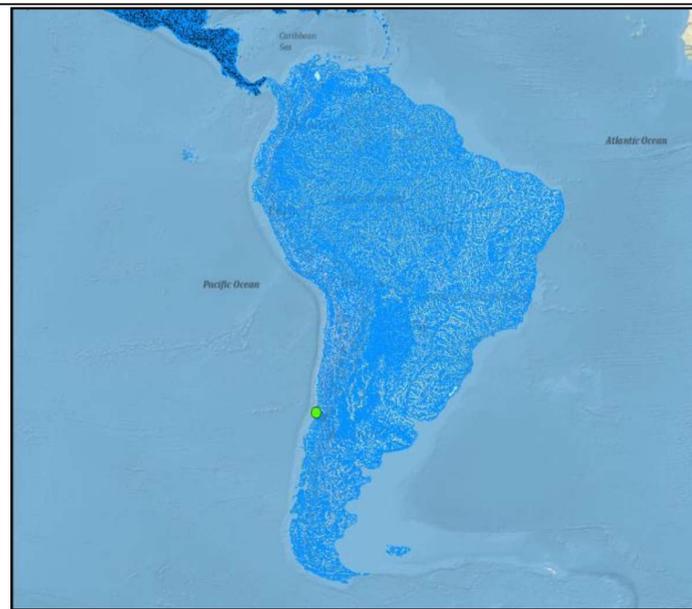
Hydro-BID tiene tres componentes: 1) AHD 2) Base de datos 3) El modelo de hidrología (GWLF)

Base de Datos de Hidrografía Analítica (AHD)

- Base de datos espacialmente explícita (i.e., basada en un sistema de información geográfica (GIS)).
- Estructurado en base a el Conjunto de Datos Hidrográficos Nacionales de EE.UU. (NHD).
- Cada segmento fluvial en la AHD contiene datos de sus **elevaciones máximas y mínimas, longitud, inclinación promedio y otras características geométricas**.
- Provee la **conectividad del flujo aguas arriba/aguas abajo** necesaria para modelos de hidrografía.



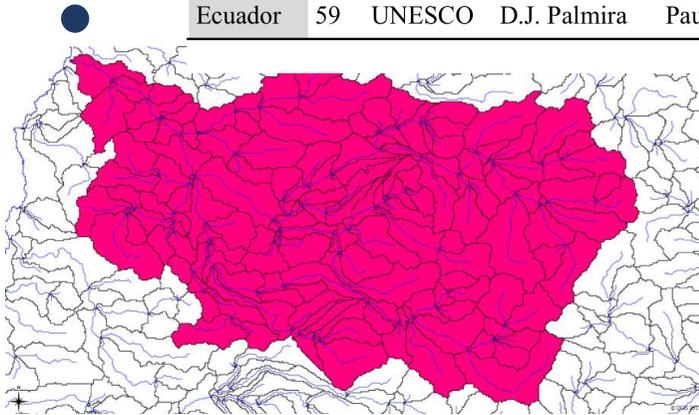
Hidrografía AHD de Centroamérica
y el Caribe



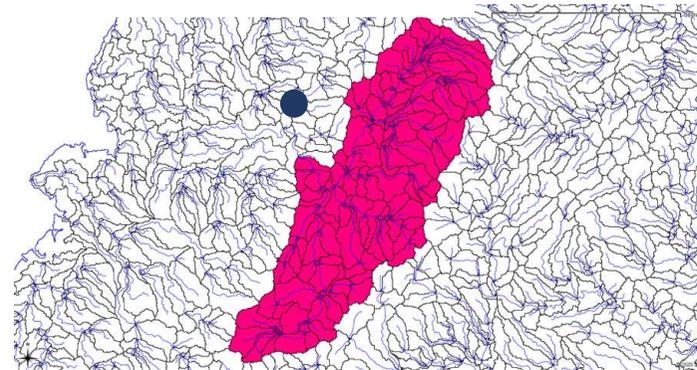
Hidrografía AHD de América del Sur

Calibración de la base de datos AHD-LAC

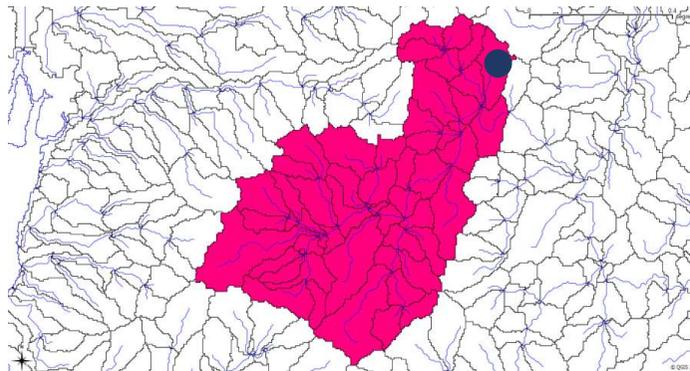
Country Name	ID	Source	Station	River	Latitude	Longitude	Drainage Area: Sq. Km. (Gauge)	Drainage Area: Sq. Km. (AHD)
Chile	35	UNESCO	Corneche	Rapel	-33.98	-71.58	13,186	13,782
Colombia	51	UNESCO	Pte Pusmeo	Patia	1.7	-77.61	13,147	13,172
Ecuador	59	UNESCO	D.J. Palmira	Paute	-2.55	-78.55	5,162	5,172



Rapel

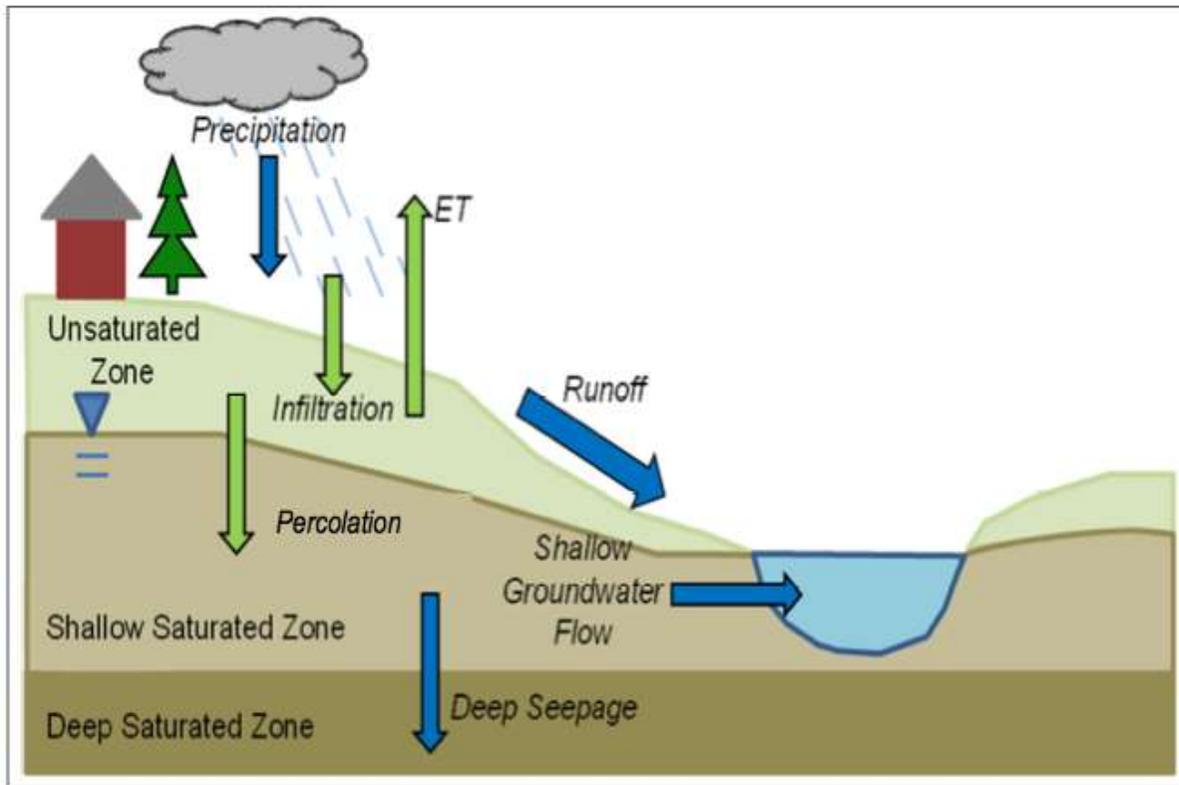


Patia



Paute

Modelo hidrológico (GWLF)



Escorrentía

$$Q_t = \frac{(R_t + M_t - 0.2D_t)^2}{R_t + M_t + 0.8D_t}$$

Evapotranspiración Potencial

$$PE_t = \frac{0.021H_t e_t}{T_t + 273}$$

Caudal Base

$$G_t = rS_t$$

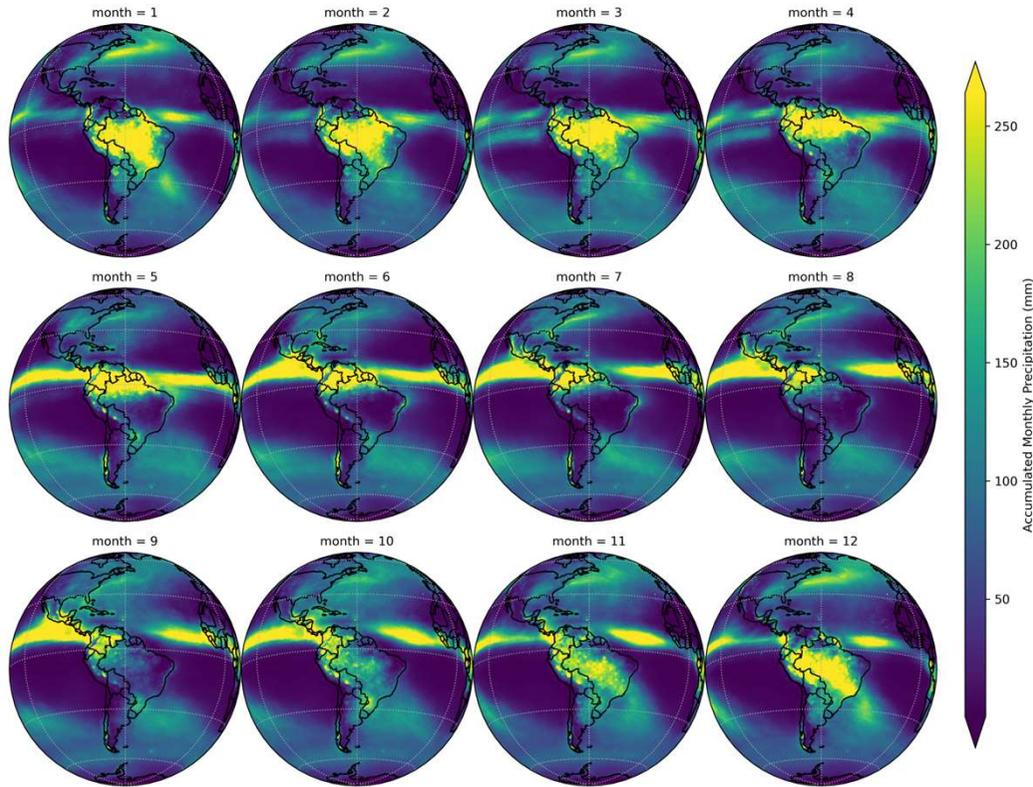
Balance Hídrico

$$U_{t+1} = U_t + R_t + M_t - Q_t - E_t - P_t$$

$$S_{t+1} = S_t + P_t - G_t - D_t$$

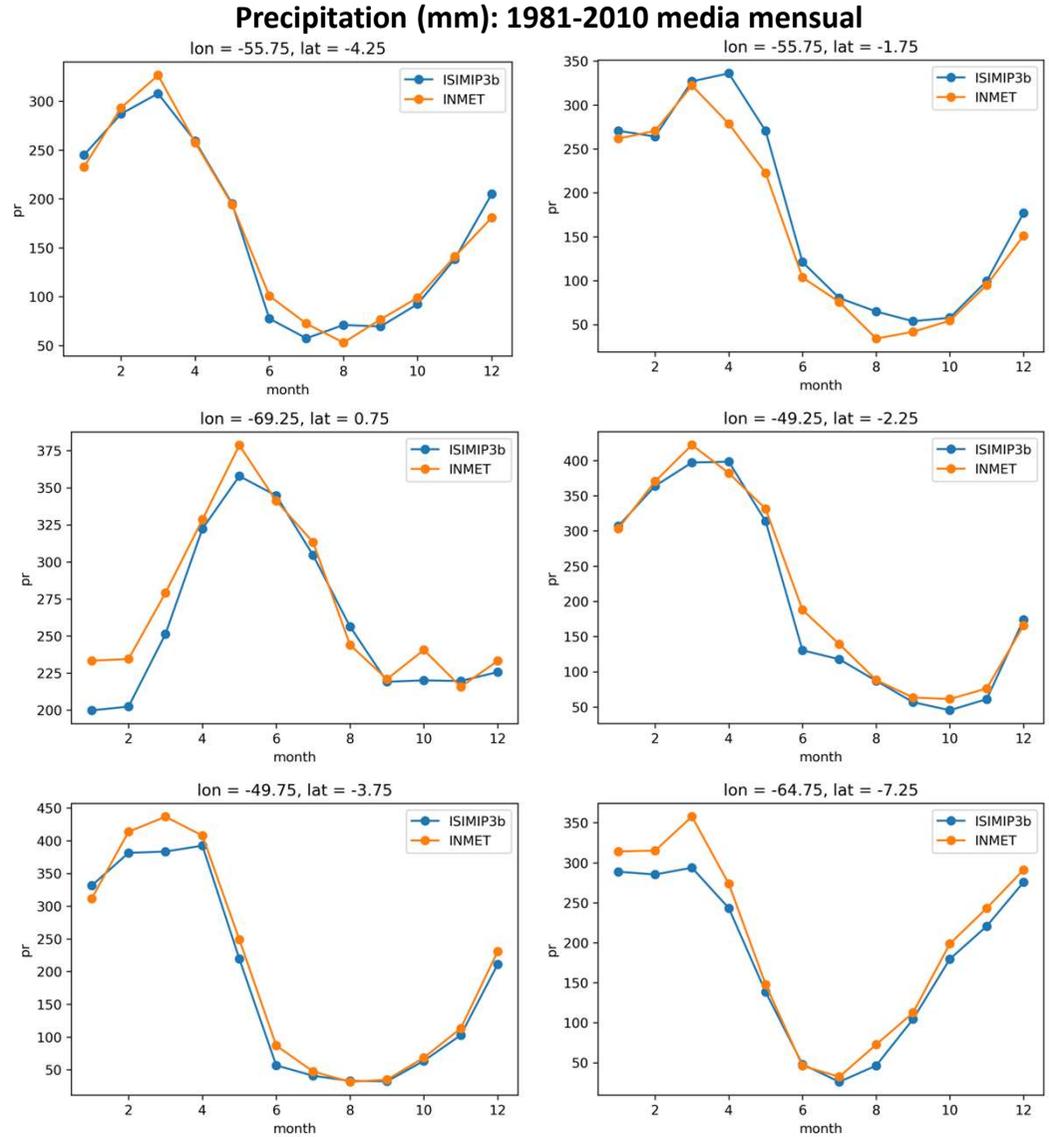
Evaluación de datos ISIMIP3b

ISIMIP3b GFDL-ESM4: 1981-2010 precipitación media mensual (mm)



- Buena concordancia general entre datos climatológicos mensuales (estaciones) y modelos.

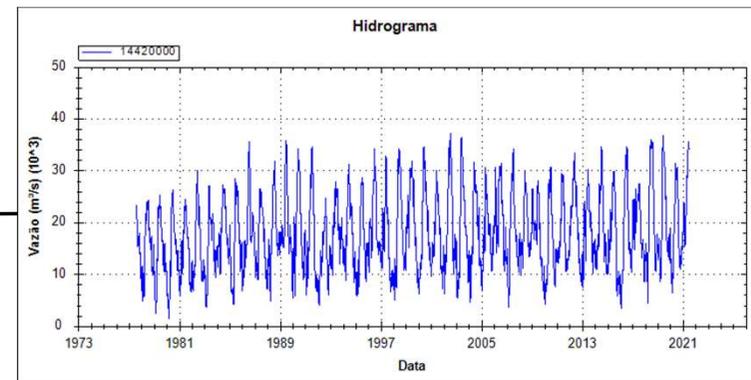
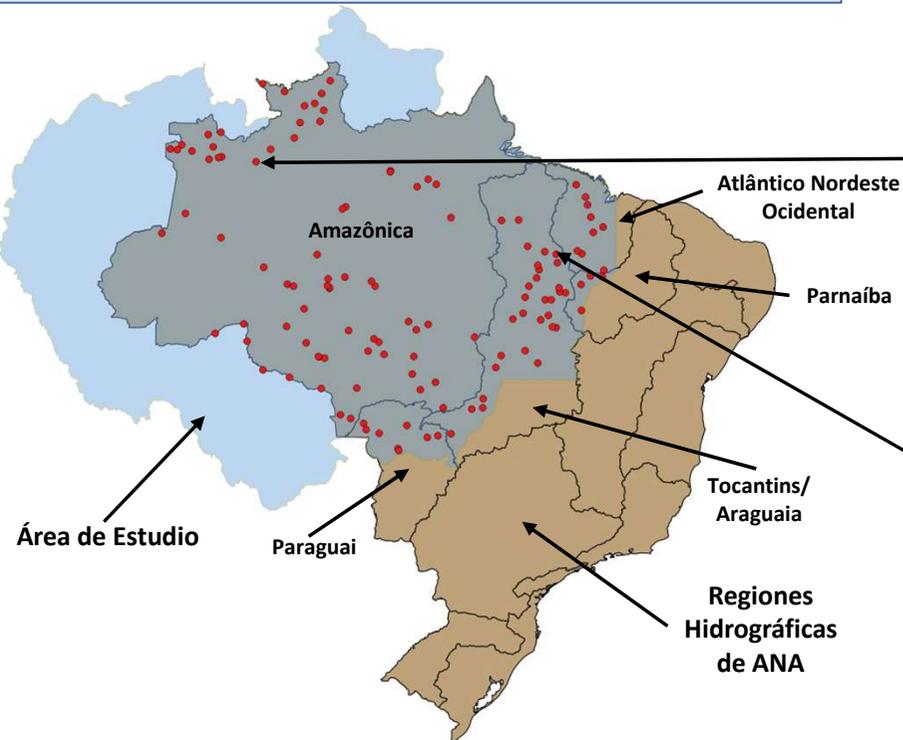
Comparación con la climatología de las estaciones meteorológicas.
Fuente: INMET (Instituto Nacional de Meteorología de Brasil).



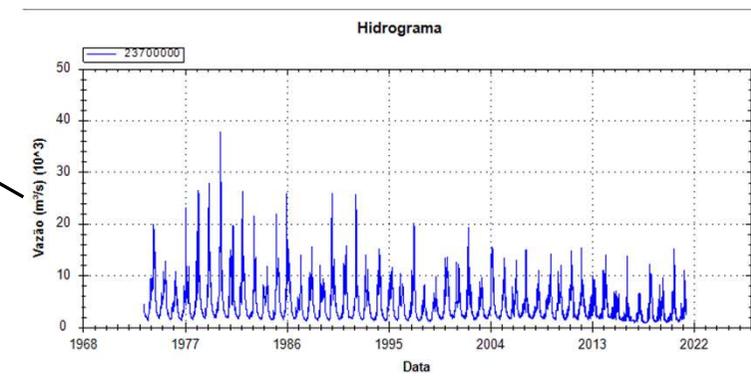
Calibración de HydroBID para la Cuenca Amazónica

- La calibración del modelo **requiere registros locales de caudales fluviales (resolución diaria y serie continua)**.
- Recopilación y procesamiento de datos de flujo para calibración: fuente ANA (Brasil), ANA (Perú) e IDEAM (Colombia).
- Se identificaron 208 estaciones fluviométricas con series de tiempo ininterrumpidas de datos de caudal.
- **Los datos de otros países mejorarían el proceso de calibración.**

Estaciones fluviométricas adecuadas de ANA (puntos rojos)



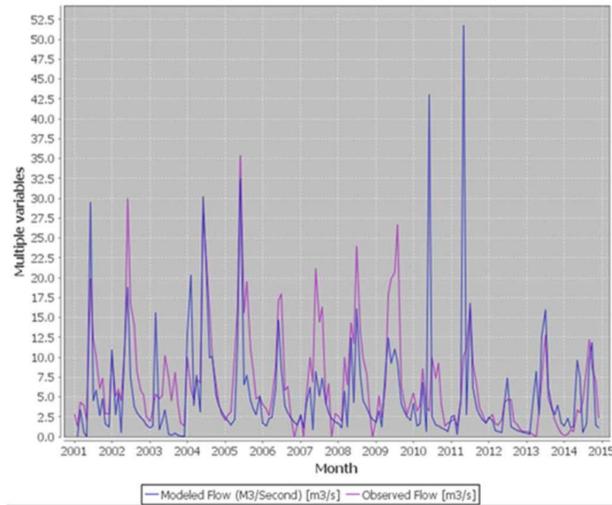
Estación: SERRINHA
Lat: -0.48
Lon: -64.83



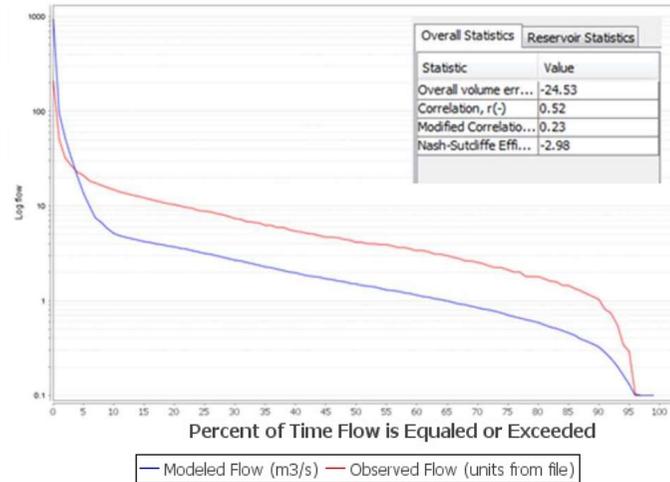
Estación: DESCARRETO
Lat: -5.79
Lon: -47.47

Antes de la Calibración

Average Daily Results, by Month



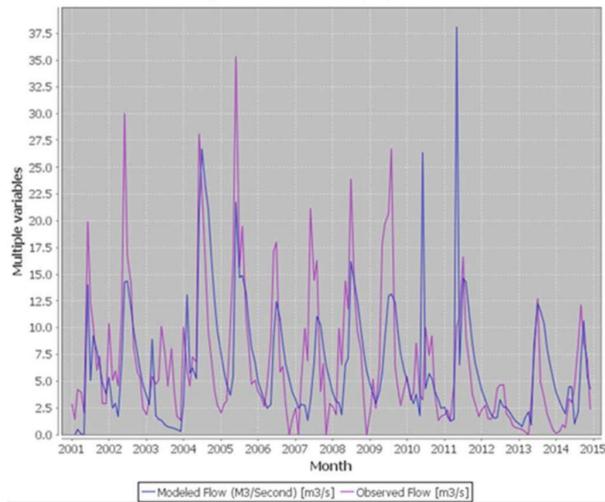
Flow Duration



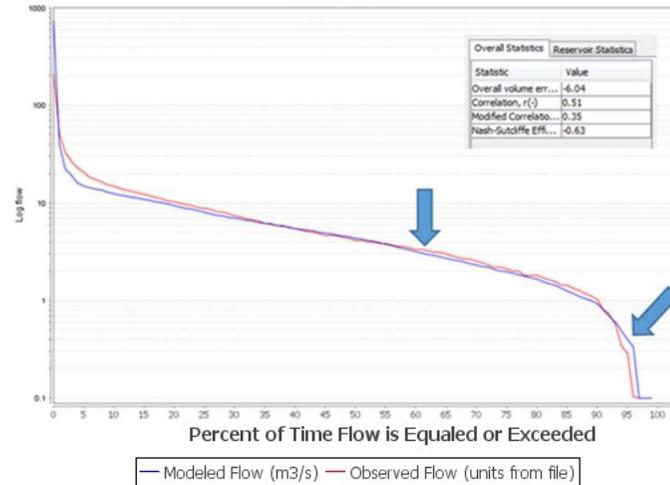
CN: 1
AWC: 1
RC: 0.003
Seep: 0.005

Después de la Calibración

Average Daily Results, by Month



Flow Duration

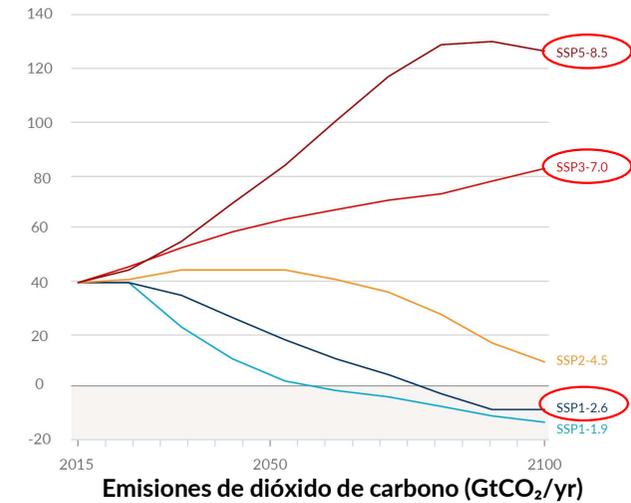


CN: 0.8
AWC: 1.2
RC: 0.007
Seep: 0.001

Simulaciones Futuras (2015-2050) para la Región Amazónica

- HydroBID se ha utilizado para simular la hidrología en la cuenca del Amazonas y producir series de tiempo para 2011-2050 (caudales de arroyos, escorrentía, precipitación y evapotranspiración).
- Datos climáticos de modelos de circulación general (GCMs) del proyecto ISIMIP3b (*Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project*).
- Proyecto ISIMIP3b: escenarios compatibles con el sexto informe de evaluación de cambio climático del IPCC.
- Tres escenarios IPCC: un escenario de mitigación estricto (SSP1-2.6) y dos escenarios con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (SSP3-7.0 y SSP5-8.5).

Escenarios IPCC AR6 disponibles en ISIMIP3b



Resolución espacial de los GCM: datos meteorológicos a resolución diaria para todas las cuencas de la región Amazónica.

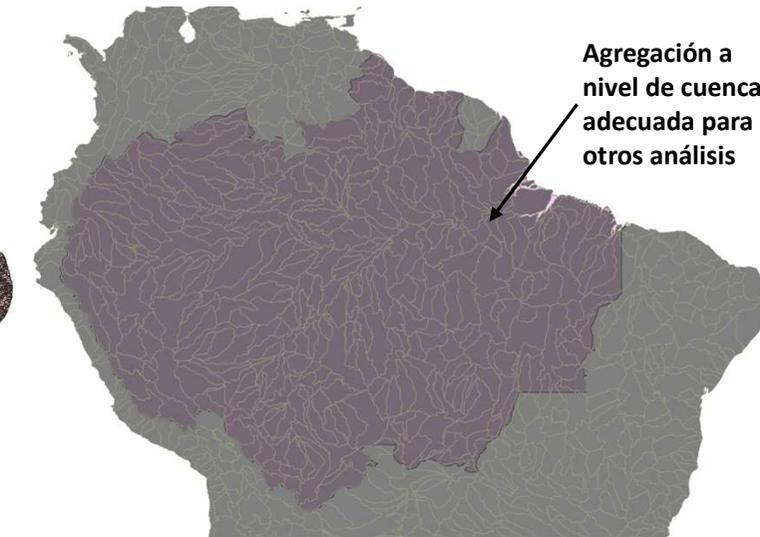
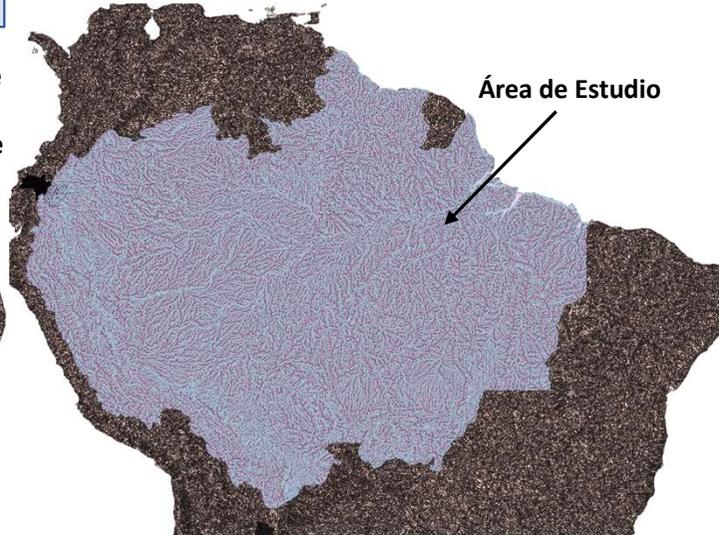
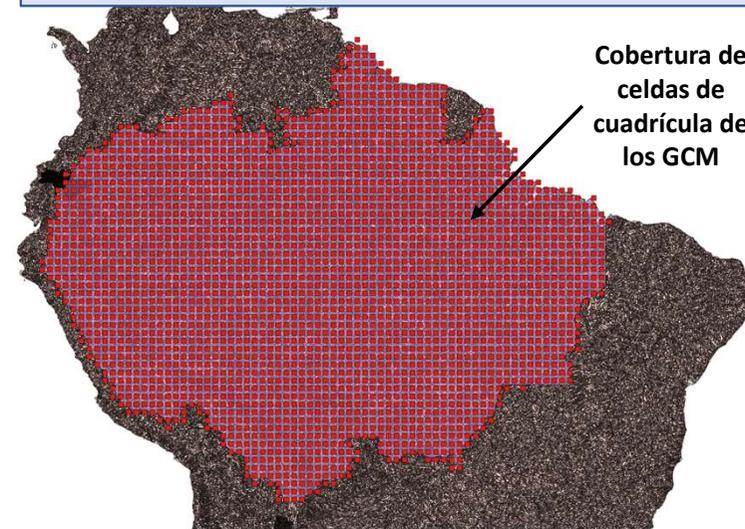
Topologías de redes de captación y arroyos del modelo Hydro-BID.

Los resultados de HydroBID sirven de insumos para planificación a nivel de cuenca.

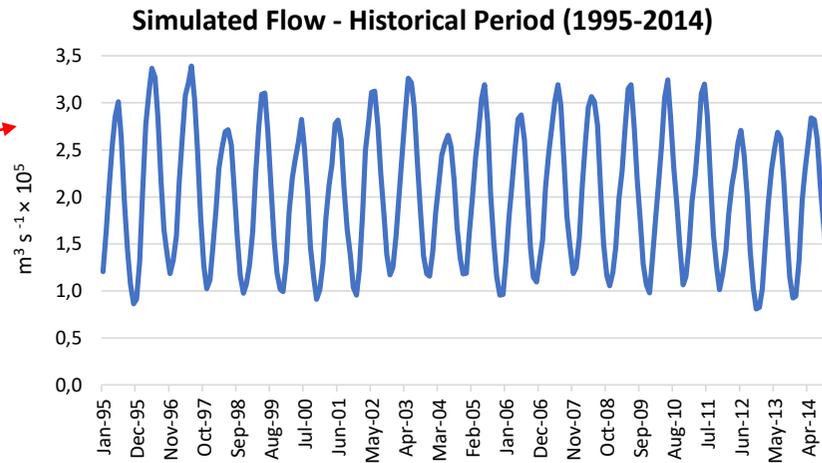
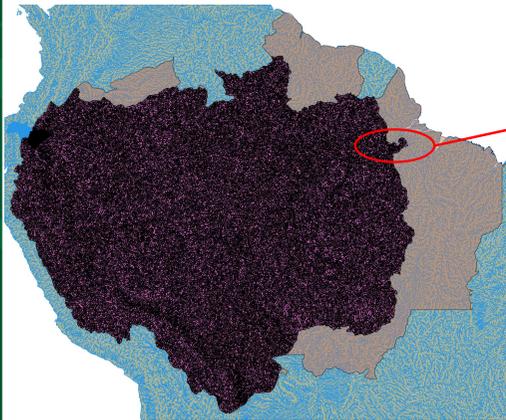
Cobertura de celdas de cuadrícula de los GCM

Área de Estudio

Agregación a nivel de cuenca adecuada para otros análisis

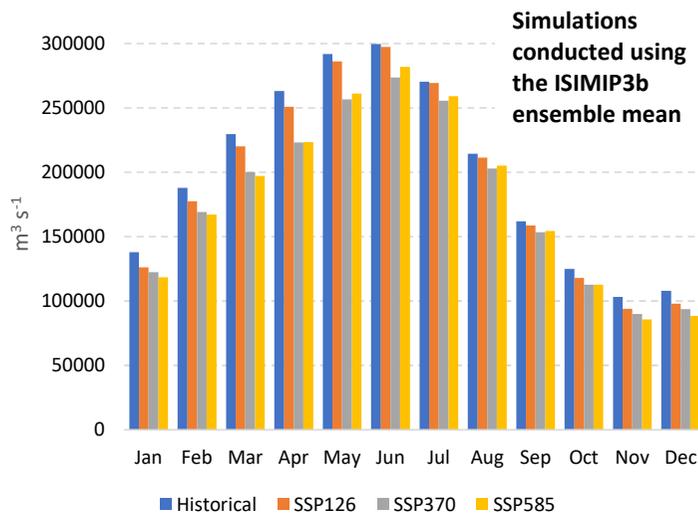


Results



- Average annual discharge (simulated): $201 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- Average annual discharge (literature): $206 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Callède et al., 2010)
- Consistent flows annual cycle (blue bar charts; Liang et al. 2020)

Average Monthly Streamflow



- Overall lower flows under the emissions scenarios (note: 2031-2050 relative to 1995-2014).
- Change relative to the historical period: -0.9 to -19.4%
- Largest reductions for the SSP585 scenario and during Nov-May.

Change (%) Relative to the Historical Period

	SSP126	SSP370	SSP585
Jan	-9.1	-11.8	-14.7
Feb	-5.8	-10.2	-11.3
Mar	-4.4	-13.1	-14.4
Apr	-5.1	-15.6	-15.5
May	-2.5	-12.6	-11.1
Jun	-1.3	-9.1	-6.4
Jul	-0.9	-5.9	-4.7
Aug	-2.0	-6.1	-4.9
Sep	-2.9	-6.1	-5.5
Oct	-6.3	-10.4	-10.5
Nov	-9.7	-13.6	-17.5
Dec	-10.7	-14.5	-19.4

Otras aplicaciones de HydroBID

- Impactos de infraestructura nueva y/o existente (pre y post)
- Escenarios de política de distribución de agua
- Dimensionamiento de embalses (sedimentación y clima)
- Gestión de programas de riego
- Ubicación y dimensionamiento de proyectos hidroeléctricos
- Gestión de riesgo (sequías, inundaciones, alerta temprana)
- Diseños de sistemas de monitoreo (hidrometeorológicos, hidrográficos, calidad de agua)
- Estudios de seguridad hídrica a nivel de cuencas (presupuesto hídrico)