

# HYDRO-BID, UN MODELO PARA ESTIMAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS Y SU VARIABILIDAD POR CAMBIOS CLIMATICOS

M. J. Borsellino<sup>1</sup>, F. Moreda<sup>2</sup>, M. Nalesso<sup>3</sup> y P. Coli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> COREBE

<sup>2</sup> Research Triangle Institute International.

<sup>3</sup> Banco Interamericano de Desarrollo.

E-mail: mjborsellino@corebe.org.ar; fmoreda@rti.org; mauron@iadb.org; pcoli@iadb.org

## Introducción

Hydro-Bid es un sistema de simulación integrado para evaluar los posibles impactos, del cambio climático en los flujos de agua, sedimentos, calidad, etc. sobre la infraestructura hídrica y como apoyo al diseño de proyectos y estrategias de adaptación

En su versión 1, fue desarrollado como un modelo lluvia-escorrentía que cuantifica las disponibilidad (volúmenes y flujos) a escala regional, de cuenca, sub-cuenca etc., al cual se le acoplaron modelos de cambio climático, para evaluar la influencia de diferentes escenarios climáticos sobre proyectos actuales y futuros, destinados a obras de manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos.

En una segunda etapa, además del modelo hidrológico, se incorporo un modulo de producción de sedimento en cuenca, habida cuenta de la fuerte incidencia que tienen los aportes sólidos en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos.

## Objetivos

El trabajo tiene por objeto, cuantificar, en base a un modelo hidrológico lluvia - caudal aplicado a nivel de cuenca, sub cuenca, u otra escala de trabajo, la disponibilidad de agua para diferentes pasos de tiempo, y simultáneamente estimar la producción de sedimentos en cuenca. Conocido este balance de agua y sedimentos, Hydro-Bid evalúa el impacto que diferentes escenarios de cambio o variabilidad climática, provoca sobre el proceso de transformación de lluvia-escorrentía y en la producción de sedimentos.

En el caso particular de su aplicación en la República Argentina, el modelo fue implementado en una región del Río Bermejo, habida cuenta que se trata del mayor productor de sedimentos de todos los ríos de América -y el quinto en el mundo- en relación a las superficies de aporte.

## Metodología

Para la elaboración del modelo, se desarrollo una Base de Datos de Hidrología Analítica (AHD) para la región de América Latina y el Caribe, representando más de 229,000 cuencas y sus correspondientes redes de drenaje, una herramienta de navegación basada en un sistema de información geográfica para navegar cuencas, una interfaz de usuario para determinar específicamente el área y el período de tiempo a ser simulado y la ubicación donde la disponibilidad de agua será evaluada; una interfaz de datos climáticos para generar y aplicar entradas de precipitación y temperatura para el área y el período de interés; un modelo de precipitación - escorrentía basado en el Factor de Carga de Cauces Generalizados (GWLf); y un esquema de cálculo hidráulico (routing) para cuantificar el tiempo de tránsito (travel time) y los estimados de flujos a través de las cuencas aguas abajo.

Una vez evaluada la disponibilidad de agua, el modelo incorpora el análisis para condiciones futuras, ante la

modificación de las series de temperaturas y/o precipitaciones, debido a efectos de variabilidad o cambio climático. Para ello plantea diferentes alternativas respecto de las modificaciones en los parámetros del clima, (básicamente temperatura y precipitación), incluyendo la aplicación de diferentes modelos de circulación general.

Obtenida las nuevas series climáticas para escenarios de hasta 50 años, el modelo es corrido con las nuevas series a los efectos de establecer cómo afecta ello en la disponibilidad de los recursos hídricos.

Posteriormente fue acoplado un modelo de producción de sedimentos en cuenca, mediante el empleo de dos esquemas de cálculos, tales como el de MUSLE y Graviobic-Zemljic, utilizando para el cálculo la plataforma AHD, que ahora incluye parámetros tales como mapas de suelos, pendientes, usos, etc.

La Figura 1, muestra un diagrama de flujo del modelo .

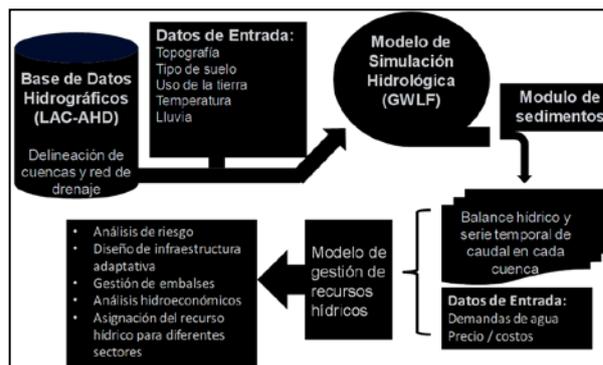


Figura 1.- Diagrama de Flujo Modelo Hydro-Bid

## Hydro-Bid en Argentina

### 1ª ETAPA

Fue implementada en la cuenca del Río Bermejo, mas específicamente en la sub cuenca del Río Grande, como un caso de estudio puntual, en virtud de la información disponible en COREBE para su ajuste y calibración.

Simulado el comportamiento hidrológico de la cuenca, se analizaron diferentes escenarios del cambio climático, para conocer su influencia en la futura gestión de los Recursos Hídricos. Bajo estos escenarios, se asumieron diferentes esquemas de gestión, destinados a minimizar el impacto en los diferentes usos provocados por los cambios en los parámetros del clima.

### 2ª ETAPA

Como se menciono, Río Bermejo es el mayor productor de sedimentos de todos los ríos de América -y el quinto en el mundo- en relación a la superficies de su cuenca.

Por tal motivo se considero necesario estimar la producción de sedimento, habida cuenta de la fuerte incidencia que tiene los

solidos, en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca del Río Bermejo.

En ese marco se evalúan dos modelos, tales como el MUSLE, y el propuesto Gravidobic-Zemljic. La aplicación fue implementada en la Región II, de la Alta cuenca del Río Bermejo. (Fig. 2)



Figura 2.- Area de Aplicación Hydro-Bid II.

En una primera instancia se aplicó el modelo lluvia-escorrentía (GWLF). Los cambios mensuales en temperatura y precipitación debido al cambio climático se extrajeron del Hydro-BID I, para las décadas 2021-2030 y 2041-2050, para lo cual se emplearon dos modelos de Climate Wizard y del CIMA, cuyos valores resultado se indican en la figura 3

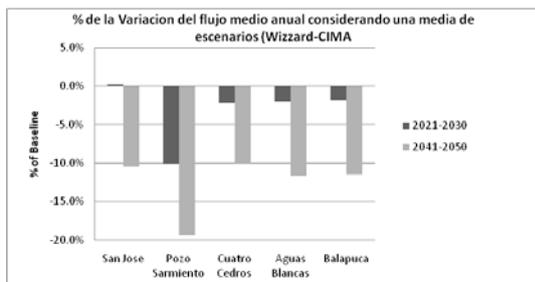


Figura 3.- Variación del Flujo para diferentes escenarios climáticos.

Asimismo la tabla 1, muestra la variación del parámetro de temperatura, para idénticos periodos de tiempo.

Tabla 1.- Variación de la Temperatura s/modelos empleados.

Temporada	2021-2030		2041-2050	
	Climate Wizard	CIMA	Climate Wizard	CIMA
Verano (Dec-February)	1.5	.99	1.6	0.99
Otoño (Mar-May)	1.0	0.89	0.88	0.88
Invierno (Jun-August)	1.2	0.90	1.4	1.1
Primavera (Sept - Nov)	1.7	0.93	1.5	0.55

Luego se calibraron los modelos de producción de sedimento en cuenca, obteniéndose un buen ajuste, según se muestra en la fig. 4

Finalmente, con los datos de los parámetros climáticos obtenidos en los dos modelos de circulación general, para las décadas del 20-30 y 40-50, se corrió nuevamente los modelos de transformación lluvia-caudal y de producción de sedimento, obteniéndose los resultados indicados en las tablas 2 y 3.

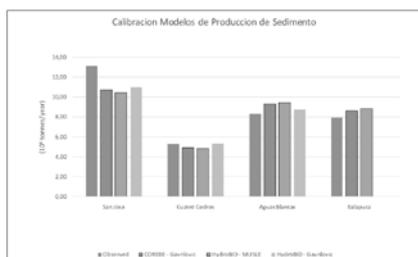


Figura 4.- Ajuste modelos de Producción de Sedimento.

Tabla 2.- % de Variación del Sedimento anual. Método de MUSLE

Estacion	S/Modelo Climate Wizard		S/Modelo CIMA	
	2021-2030	2041-2050	2021-2030	2041-2050
San Jose	30.2%	11.9%	14.3%	15.4%
Pozo Sarmiento	32.8%	6.3%	9.9%	10.7%
Cuatro Cedros	70.7%	35.6%	40.4%	42.0%
Aguas Blancas	41.6%	12.3%	16.2%	16.9%
Balapuca	41.8%	12.3%	16.3%	17.0%

Tabla 3.- % de Variación del Sedimento anual. Método de Gravidobic

ESTACION	S/ Modelo Climate Wizard		S/Modelo CIMA	
	2021-2030	2041-2050	2021-2030	2041-2050
San Jose	-9.5%	-19.5%	-7.2%	-6.3%
Pozo Sarmiento	-9.5%	-19.5%	-7.2%	-6.3%
Cuatro Cedros	-9.5%	-19.5%	-7.2%	-6.3%
Aguas Blancas	-9.5%	-19.5%	-7.2%	-6.3%
Balapuca	-9.5%	-19.5%	-7.2%	-6.3%

### Conclusiones

El modelo hidrológico fue calibrado y validado contra cinco estaciones de la Región II de la Cuenca del Río Bermejo, con aceptables niveles de error.

Las cargas de sedimento se calcularon con cada método y se compararon con los valores observados y calculados por Hydro-BID y por COREBE.

Se observan diferencias en los resultados de la producción de sedimentos totales, según sean los modelos empleados, (sedimentos y cambio climático) y ello se puede atribuir a las variables empleadas en la cuantificación de sedimentos.

En este sentido, se considera que la formulación de Gravidobic, representa más fielmente el impacto que la variación del clima (temp) tiene sobre los parámetros usados en la estimación de la producción de sedimento en cuenca.

Si asumimos como valido el criterio de Gravidobic y el modelo del CIMA, sería de esperar una reducción media del orden del 6.75 % hasta la década del 2050 en la producción de sedimentos.

Esta disminución en la producción de sedimentos, impacta en forma directa en el Índice de Atarquinamiento de los 47 aprovechamientos multipropósito identificados en la Región II de la Cuenca Alta del Río Bermejo, y consecuentemente significaría un incremento en su vida útil.

En este sentido, el modelo Hydro-Bid, es una herramienta destacada y complementaria, para el desarrollo del Plan de Aprovechamientos Múltiples de la Alta cuenca del Río Bermejo, que ayuda a la toma de decisiones en la planificación de las obras de aprovechamiento.

### Referencias bibliográficas

Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE). (2013). "Plan de Aprovechamiento Multiple de los Recursos Hídricos de la Alta Cuenca del Río Bermejo en la República Argentina.

Gavrilovic, Z. (1959). Method for classification of stream basins and new equations for the calculation of high water flood and sediment load. Vadoprievreda, Belgrade

Moreda, Fekadu Ph.D (2013). "Technical Note 2 , Hydro-BID: An Integrated System for Modeling Impacts of Climate Change on Water Resources" RTI International

Rinner, J. and Bruhn, M. (2013) "Technical Note 1. An Analytical Hydrology Dataset for Latin American and the Caribbean." RTI International

Williams, J. R. (1975) "Sediment Routing for Agricultural Watersheds." Journal of the American Water Resources Association. 11 (5). p. 965-974