

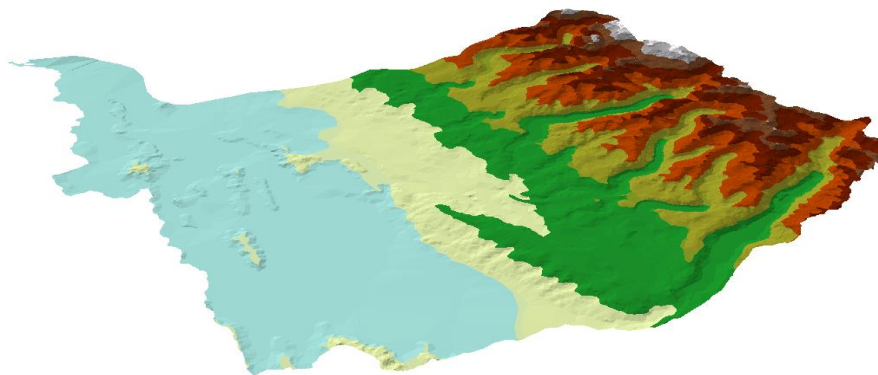


Gobierno del Estado Plurinacional de

BOLIVIA

Ministerio de
Medio Ambiente y Agua

Modelación hidrológica en la cuenca del Río Keka aplicando HydroBID



Ing. Jhon Martin Chura Churata

Ing. Uziel Luna Valdivia

Resumen

El Río Keka Jahuirá, es una corriente que se encuentra en el Departamento de La Paz, se encuentra a una altitud de 3898 metros sobre el nivel del mar. Río Keka Jahuirá se conoce también como Río Keka.

La subzona hidrológica está geográficamente situada entre los $68^{\circ}18' - 68^{\circ}41'$ de

Longitud Oeste y los $15^{\circ}51' - 16^{\circ}15'$ de Latitud Sur, está en territorio Boliviano de La Paz, provincia de Omasuyos.

La altitud máxima es de 6421 msnm en el nevado Illampu y la mínima es de 3820 en la estación hidrométrica de Achacachi.

El Rio principal de esta zona es el keka que nace en las cercanías del nevado

Chachacomani, con el nombre de Chachacomani para luego denominarse keka Jahuira

y finalmente Keka. Su longitud total es del 52 km hasta la estación de Achacachi.

La cuenca del Rio Keka se caracteriza por tener varios tipos de morfología desde sus nacientes en la cordillera oriental con altas pendientes hasta su desembocadura al lago Titicaca en la comunidad de Achacachi donde se caracteriza por presentar llanuras.

El numero de estaciones que se uso para la modelación en HydroBID son 7 (Chirapaca, Copacabana, El Belén, Hichucota, Huayrocondo, Pucarani, Santiago de Huata)

De las cuales para se hizo la modelación lluvia escorrentía para generar caudales simulados, estos posteriormente se ajustaron a los caudales observados a la salida de la cuenca en el punto de control hidrológico (Achacachi).

Los estadísticos de caudales simulados versus los observados tuvieron rangos aceptables.

1. Introducción

La subzona hidrológica esta geográficamente situada entre los $68^{\circ}18' - 68^{\circ}41'$ de

longitud Oeste y los $15^{\circ}51' - 16^{\circ}15'$ de latitud sur, está en territorio boliviano de La Paz, provincia de Omasuyos.

La altitud máxima es de 6421 msnm en el nevado Illampu y la mínima es de 3820 en la estación hidrométrica de Achacachi.

El Rio principal de esta zona es el keka que nace en las cercanías del nevado

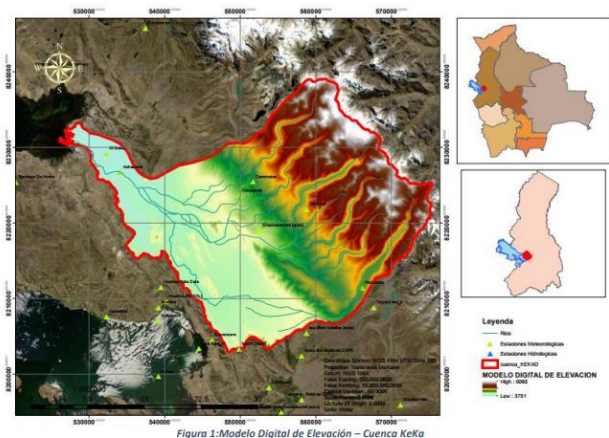
Chachacomani, con el nombre de Chachacomani para luego denominarse keka Jahuira

y finalmente Keka. Su longitud total es del 52 km hasta la estación de Achacachi.

El índice de compacidad muestra una zona regular

Es una de las principales corrientes que aportan al Lago Titicaca del lado Boliviano.

2. Descripción del área de estudio



La cuenca del Rio Keka se caracteriza por tener fuertes pendientes en la parte alta, conformada por montañas y colinas con pendientes abruptas a moderadamente inclinadas, estas estructuras son producto del tectonismo y modeladas también por distintos agentes erosivos. En la parte baja de la cuenca se presenta llanuras con depósitos aluviales, fluvioacustres, fluvioglaciales, coluviales y lacustres.

La cuenca del Rio Keka se encuentra entre los municipios de Batallas, Huarina y

Achacachi, del Departamento de La Paz, la cuenca se encuentra dentro de la Cuenca Cerrada.

La actividad principal en la zona es la agricultura, entre actividades turísticas que se realizan son turismo cultural entre otras.

3. Métodos y herramientas

La aplicación de las herramientas de Hydrobid, cuenta inicialmente con la identificación de la cuenca de análisis en la base de datos AHD, la cual contiene dentro de la misma los flujos que se encuentran interconectados y además de las subcuencas delimitadas. Utilizando el complemento AHD de QGis se logró delimitar la cuenca. Se identificaron las cuencas que intervienen en el punto de control, al igual que sus demás componentes, también se pudo identificar los CMIDs de las subcuencas que intervienen en el

lugar de análisis y como dato importante, el CMID de la salida de la cuenca, que nos servirá como punto de partida para hacer correr el Modelo Hidrológico.

Los registros de las estaciones empleadas fueron sujetas a un análisis exploratorio a fin de verificar la calidad de la información, periodos de cambio, valores atípicos y dispersión; por lo que se decidió utilizar el paquete CLIMATOL en RStudio. Este análisis es una forma de organizar la información básica para correr el modelo de tal manera poder detectar algún patrón de comportamiento, así como también apartamientos importantes al modelo subyacente.

Para el relleno de datos, se decidió utilizar una herramienta llamada FILL DATA, el cual permite trabajar con todas las estaciones disponibles, pero previo al relleno se consideraron criterios de homogeneidad.

Entonces el uso de esta herramienta nos permitió la comparación de varios métodos de rellenos existentes para verificar qué método era adecuado para el relleno de información.

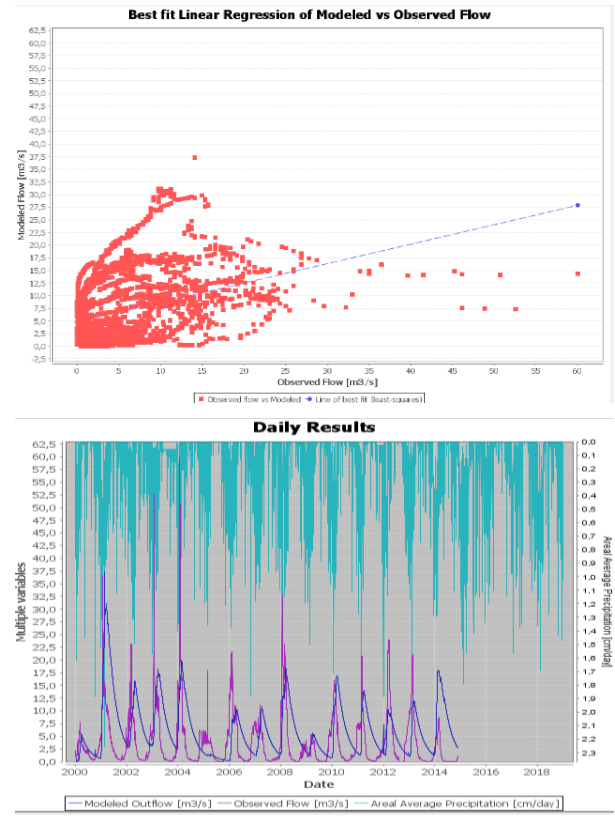
Para la inclusión de la información meteorológica como ser precipitación y temperatura dentro del sistema se hace uso de la herramienta de interpolación de Datos climáticos. La cual será de mucha utilidad a la hora de generar lluvia para la simulación de la cuenca dentro de la plataforma.

Para realizar la corrida optima del modelo, es necesario contar con información de precipitación rellena y completa, el rango que se usó para realizar la modelación lluvia-escorrentía fue del 2000 al 2018 y respecto a la calibración se usó información en la estación hidrológica de Achacachi (Punto de control), cuyo récord de información fue del 2000 al 2014. A la salida de la cuenca se tomó como punto de análisis, cuyo CMID es 311136900, el periodo de información para la simulación fue del 01/01/2000 al 31/12/2018.

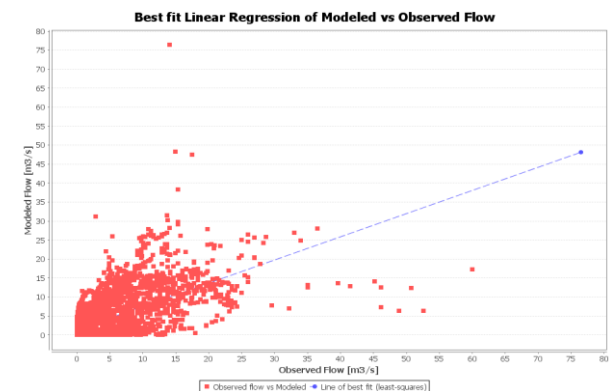
Para la calibración del modelo Lluvia escorrentía, se hicieron cambios en los parámetros de (NC, AWC, Coeficiente R y Seepage) viendo su comportamiento en cada simulación, se trató de encontrar el menor error posible entre los datos

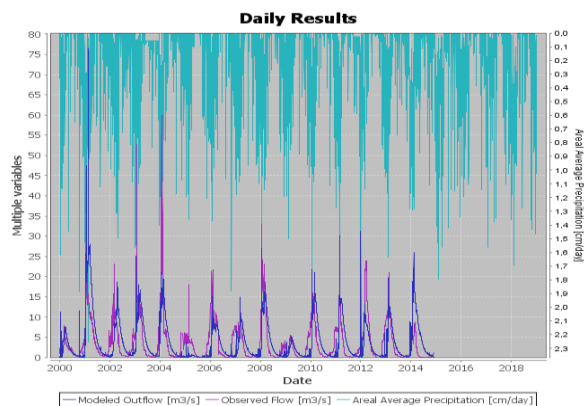
modelados y los observados, al igual que se tenga la mejor correlación posible, y el coeficiente de Nash se encuentre en el rango aceptable. Los parámetros que finalmente se vieron como óptimos de calibración se muestran a continuación. Así también la comparación de gráficos de caudales simulados y observados, antes y después a la calibración

CORRIDA INICIAL



MODELO CALIBRADO





4. Resultados y discusión

En el punto anterior se puede observar claramente que a un principio existió

sobreestimación en los caudales, luego de la calibración se ve que los valores de

caudales se asemejan mucho a los caudales observados, respecto a los parámetros

estadísticos que lanzo el modelo Hydrobid, se muestran a continuación.

Los estadísticos iniciales muestran que hubo un 70 % de error, una correlación baja, y

el número de Nash con valores no aceptables, una vez realizando la calibración se puede

ver un cambio notorio, en los errores se muestra 0.6 % de error, se muestra una mejor

correlación al igual que el número de Nash se encuentra en un rango aceptable.

Antes			Ahora		
Statistic	Daily Value	Monthly Value	Statistic	Daily Value	Monthly Value
Overall volume e...	69,71	71,26	Overall volume e...	-0,59	-0,76
Correlation, r(-)	0,37	0,48	Correlation, r(-)	0,62	0,7
Modified Correla...	0,36	0,4	Modified Correla...	0,61	0,7
Nash-Sutcliffe Ef...	-0,53	-0,49	Nash-Sutcliffe Ef...	0,25	0,39

En las gráficas de dispersión se puede notar que hubo un cambio al igual, en la figura de la izquierda se ve mas dispersa y en la derecha menos dispersa y al igual que el Angulo de la recta es mayor al de la inicial.

En las siguientes graficas de duración de flujo se puede notar el cambio respecto a caudales altos y bajos, en la figura de la izquierda se muestra que hay una sobreestimación en la simulación, a mayor

caudal mayor sobreestimación, una vez realizado la mejor calibración se ve claramente que hubo cambios respecto a la información modelada ya se encuentra cercano a la observada, exceptuando un poco en los caudales muy altos, con una diferencia del 5% de sobreestimación.

5. Conclusiones

- Se logró simular la cuenca del Rio keka, obteniendo caudales de salida, y realizándose la calibración respectiva con el punto de control, la estación hidrológica de “Achacachi”, del 2000 al 2014. • Al realizar el relleno de datos meteorológicos faltantes, se pudo ver que en varias estaciones presentaban gran cantidad de lagunas, las cuales se fueron descartando, el 90 % de estaciones rellenas la información faltante es menor al 3%, sin embargo, el otro 10% contaba con datos faltantes del 6.10 % la cual fue rellena posteriormente.
- La importancia del correcto relleno de datos viene vinculada con la calidad de la información utilizada, por lo cual es imperativo realizar un análisis exploratorio de la información a utilizar para detectar ciertas anomalías.
- Se utilizó un análisis exploratorio desde 1975 de la mayoría de las estaciones a fin de detectar posibles errores producidos por errores sistemáticos.
- La información faltante en el registro de caudales en el punto de control hidrológico, obliga a utilizar periodos muy cortos para la calibración y validación de la modelación hidrológica, lo cual se recomienda que, para futuros estudios de oferta hídrica, se realicen aforos diarios y continuos en la estación, para así tener una simulación más confiable.
- La información Hidrológica y Meteorológica medida en el área de estudio es muy importante a la hora de realizar estudios de demanda hídrica, por lo cual se recomienda a los entes encargados, en

fortalecer la red de estaciones a nivel nacional, para futuros estudios.

- A la salida de la Cuenca del Rio KeKa se encuentra la comunidad de Achacachi, la cual este año se vio afectada por el desborde del Rio, se recomienda hacer análisis con el HydroBID Flood, y ver qué efectos pueden generar los eventos extremos en la zona.
- Como otra recomendación la generación de un nuevo AHD usando un grillado menor y también incorporar dentro de la plataforma algún comando en el cual se pueda bloquear algunos CMIDs en caso de que la cuenca delimitada por el AHD abarque áreas mas grandes que la zona de estudio.

- La cuenca del Rio Keka, presenta un área grande, desde sus nacientes en la cordillera oriental, hasta su desembocadura al Lago Titicaca, se recomienda que para mas confiabilidad en la modelación , realizarla con los demás módulos que presenta el sistema Hydrobid (por ejemplo : aguas arriba usando módulos de embalse , aguas abajo con el módulo de sedimentos, módulos de calidad de agua , al igual como es de mucha importancia el recurso hídrico, se recomienda hacer uso del módulo de Aguas Subterráneas de la plataforma Hydrobid.