

BALANCE HÍDRICO DE LAS PRESAS HOOVER Y GLENN CANYON UBICADAS SOBRE EL CAUCE DEL RÍO COLORADO

Irving García Reyes, Jonathan G. Bolaños Castillo y Fernando Jorge González Villarreal

Instituto de Ingeniería, UNAM, Circuito Escolar S/N, Edificio 5 Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04510, México.

E-mail: igarcia@iingen.unam.mx, fgvy@pumas.iingen.unam.mx, jbolanos@iingen.unam.mx

Introducción

El río Colorado es uno de los principales sistemas fluviales para el sureste de los estados unidos y el noreste de México. La cuenca cubre 637,000 km², la cual representa un área mayor a cuatro veces el área del estado de Coahuila, en México. El río recorre una distancia de 2,253 km, el cual se extiende desde los picos más altos de las montañas rocosas hasta el golfo de California o mar de Cortes, incluyendo siete estados de los Estados Unidos y dos del norte de México.

En Estados Unidos, los estados por los que cruza el río Colorado son: Wyoming, Colorado, Utah, Nevada, Arizona, California y Nuevo México. Los últimos 140 km del cauce del río Colorado se encuentran al sur de la frontera internacional México – Estados Unidos, entre los estados de Baja California y Sonora. Representando el 2% del total de la cuenca del río Colorado.

El río Colorado abastece a una población de 40 millones de habitantes, el 90% de estos viven en Estados Unidos y el 10% restante son beneficiarios mexicanos. Actualmente, el río Colorado se encuentra totalmente controlado por dos grandes presas principalmente: la presa Hoover cuyo almacenamiento (vaso) se denomina Lake Mead (construida en 1935) y por la presa Glenn Canyon (ubicada aguas arriba de la presa Hoover) cuyo almacenamiento (vaso) se denomina Lake Powell (construida en 1963). El río Colorado tiene un escurrimiento medio anual de 22,400 Mm³, según el tratado de 1944, de este volumen, 1,850 Mm³ le corresponden a México. En la figura 1 se muestra la cuenca del río Colorado, y en ella se logran apreciar los dos grandes lagos formados por las presas Hoover y Glenn Canyon.

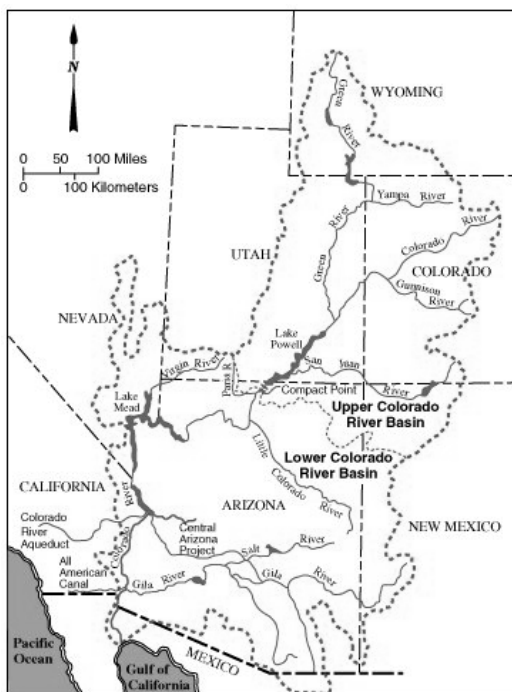


Figura 1.- Cuenca del río Colorado y vista de los lagos Mead y Powell.

Metodología

Las técnicas del balance hídrico, son un medio para solucionar importantes problemas hidrológicos teóricos y prácticos. A partir de un estudio de balance hídrico es posible realizar una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

El conocimiento de la estructura del balance hídrico de lagos, cuencas superficiales y cuencas subterráneas, es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos; por ejemplo: trasvase de cuencas, control de avenidas, etc. El balance hídrico ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos y cuencas subterráneas. La información que proporciona el balance hídrico de las cuencas de ríos y lagos para cortos periodos de tiempo (estaciones, meses, semanas, días) se utiliza para explotación de embalses y para predicciones hidrológicas.

Ecuación General del Balance hídrico

La ecuación general del balance hídrico se expresa de la siguiente manera:

$$E = S \pm \Delta V \quad [1]$$

Donde:

E: Entradas totales (superficial, agua subterránea y precipitación).

S: Salidas totales (superficial, agua subterránea y evaporación).

ΔV : Variación del volumen

Ecuación del Balance hídrico de un lago o embalse

De acuerdo con la naturaleza del balance hídrico, los lagos se pueden dividir en dos grandes categorías: abiertos (exorreicos), que son lagos con salida, y cerrados (endorreicos), que son lagos sin salida. Los lagos con una salida intermitente (efímera), durante los períodos de crecidas, constituyen una categoría intermedia.

La ecuación del balance hídrico de lagos y embalses, para cualquier intervalo de tiempo, puede expresarse del siguiente modo:

$$Q_{SI} + Q_{UI} + P_L - E_L - Q_{SO} - Q_{UO} \pm \Delta V_L = 0 \quad [2]$$

Donde Q_{SI} es el caudal de entrada de agua superficial dentro del lago o embalse; Q_{UI} es el flujo de entrada correspondiente al agua subterránea; P_L es la precipitación sobre la superficie del lago; E_L es la evaporación desde la superficie del lago; Q_{SO} es el caudal de salida del agua superficial desde el lago o embalse; Q_{UO} es el flujo de salida de agua subterránea, incluyendo la filtración a través de la presa; y ΔV_L es la variación del agua almacenada en el lago, durante el período del balance hídrico considerado.

Para grandes lagos y embalses, la entrada de aguas superficiales Q_{SI} , se compone de entrada del caudal de agua Q_m por el cauce

principal y entradas laterales Q_l , es decir:

$$Q_{SI} = Q_m + Q_l \quad [3]$$

En los lagos y embalses en los que la superficie varía mucho con la fluctuación del volumen es preferible expresar los parámetros de la ecuación del balance hídrico en medidas volumétricas. Para los lagos con superficie de agua constante es más conveniente expresar dichos parámetros del balance hídrico como una altura de agua con respecto al área superficial media del lago.

La superficie media se calcula como la media aritmética de todas las superficies para el período del balance considerado.

La ecuación del balance hídrico de lagos y embalses, para cualquier intervalo de tiempo, en función del volumen, puede expresarse del siguiente modo.

$$V_{SI} + V_{ul} + P_L - E_L - V_{SO} - V_{uO} \pm \Delta v_L - \eta = 0 \quad [4]$$

Donde:

V_{SI} : Volumen de entrada de agua superficial al embalse.

V_{ul} : Volumen de entrada de agua subterránea.

P_L : Volumen precipitado sobre la superficie del agua.

E_L : Volumen evaporado desde la superficie del lago.

V_{SO} : Volumen de salida del agua superficial desde el embalse

V_{uO} : Volumen de salida de agua subterránea (incluye la filtración a través de la presa).

Δv_L : Variación del volumen almacenado en el embalse durante el período del balance.

η : Volumen que contempla elementos indeterminados del balance y errores de medición.

La información disponible con la que se cuenta de estas dos presas consta de los siguientes datos:

- Volumen de entrada de agua al embalse.
- Volumen precipitado sobre la superficie del agua del embalse.
- Volumen evaporado desde la superficie del agua del embalse.
- Volumen de salida del agua superficial desde el vaso de la presa.
- Variación del volumen almacenado en el embalse durante el período del balance.

Estos datos fueron obtenidos de la página de internet www.water-data.com/ y fueron comparados y corroborados con los datos de las estaciones hidrométricas que se encuentran en operación y están a cargo del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), en la página <http://waterdata.usgs.gov/nwis>.

Los datos que se desconocen son:

V_{ul} : Volumen de entrada de agua subterránea.

V_{uO} : Volumen de salida de agua subterránea (incluye la filtración a través de la presa).

η : Volumen que contempla elementos indeterminados del balance y errores de medición.

Tomando en cuenta lo anterior, (para simplificar el cálculo) el balance se realizó tomando el volumen de aguas subterráneas como un solo término ($V_{ul}-V_{uO}$) dado que ninguno de los términos es conocido y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$V_{ul} - V_{uO} = -(V_{SI} + P_L - E_L - V_{SO} \pm \Delta v_L) \quad [4]$$

De esta manera, si el resultado de esta diferencia es positivo

indicará que el acuífero aporta un volumen de agua al embalse, y si por el contrario, el resultado es negativo, indicará que el embalse aporta agua al acuífero.

Resultados

En la figura 2 se muestran los gastos de entrada y de salida de la presa Glenn Canyon desde el año 1906 y en la figura 3 se muestran los gastos de entrada y de salida de la presa Hoover desde el año 1923. En ambos casos se aprecia el cambio de régimen de escurrimiento debido a la construcción de las presas, es decir, debido a la regulación en las mismas.

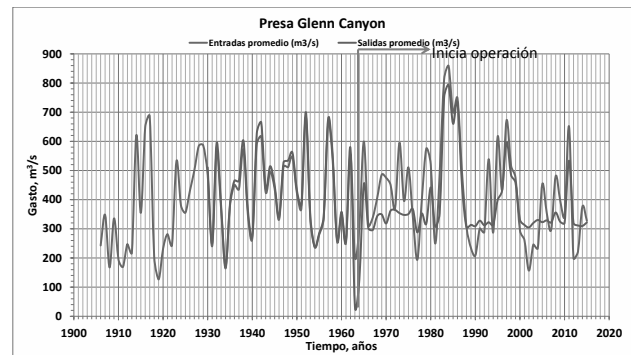


Figura 2.- Gastos de entrada y de salida de la presa Glenn Canyon desde el año 1906.

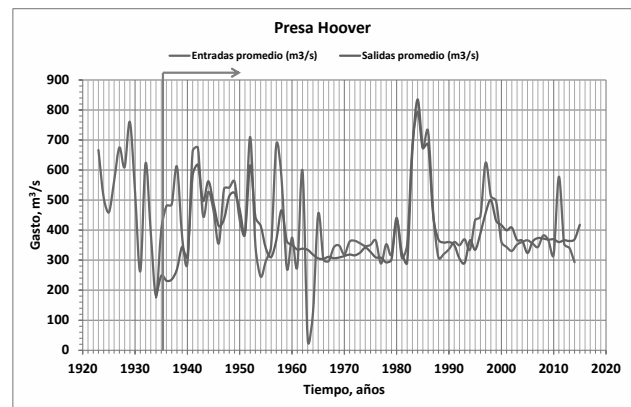


Figura 3.- Gastos de entrada y de salida de la presa Hoover desde el año 1906.

*Se anexarán los resultados de los balances hidráulicos completos de ambas presas en el artículo completo.

Referencias bibliográficas

Hanemann Michael (2002) The Central Arizona Project, University of California, Berkeley, Colorado, USA.

McMurray (2012) The Colorado River Basin and Climate: Perfect Storm for the Twenty-First Century?.