

FLUJO NATURAL Y HUELLA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE/BRAVO

Samuel Sandoval Solis¹, J. Pablo Ortiz Partida¹, Jesus Loredo Rasgado²
y Yanet A. Gonzalez Escorcía²

¹Universidad de California, Davis, Estados Unidos.

²Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de Mexico, Mexico.

E-mail: samsandoval@ucdavis.edu, joportiz@ucdavis.edu, ska_1435@hotmail.com, yanyady2601@gmail.com

Introducción

Los ríos son una fuente natural de vida que ayudan a mantener un equilibrio en su hábitat, y son capaces de realizar diversas funciones tales como purificar el agua, moderar inundaciones y sequías, proveen alimentos, espacios de reproducción, nutrientes, entre otras funciones y lo más importante, son la fuente de agua principal utilizada para satisfacer necesidades humanas. En la actualidad es notable los cambios que han sufrido los ríos debido a las acciones antropogénicas, que modifican el régimen del caudal natural, causando impactos ambientales en sus ecosistemas acuáticos y ribereños. La presencia de presas genera cambios en los patrones de flujo y almacenamiento, así mismo, las desviaciones agrícolas alteran el flujo natural mediante la reducción de la cantidad de agua del caudal. Cuando el caudal sufre estas alteraciones es llamado caudal regulado y este es menor al caudal natural debido a las pérdidas de agua que ha experimentado.

Los conceptos “agua virtual”, “huella ecológica” y “agua verde” inspiraron el trabajo de Arjen Y. Hoekstra, profesor en Gestión del Agua de la Universidad de Twente, Países Bajos, para el desarrollo de un nuevo indicador de la apropiación humana del agua dulce: “Huella Hídrica” (Hoekstra et al. 2009).

Este indicador no solamente toma en cuenta el volumen de agua empleado directa o indirectamente para producir algo, sino también distingue en dónde y en qué momento se usó y qué tipo de agua era: lluvia (Huella Hídrica verde), superficial y subterránea (Huella Hídrica azul), o la empleada para asimilar la carga contaminante en cuerpos receptores (Huella Hídrica gris). De esta forma, la Huella Hídrica tiene dimensión temporal y espacial, considera aspectos cuantitativos y cualitativos, posibilita evaluar su sostenibilidad y determinar cómo el consumo de un bien en un lugar afecta los recursos hídricos del sitio donde se produjo (Arreguín-Cortes and Ochoa-Alejo 1997).

Objetivo

El objetivo de este estudio es determinar el régimen de flujo natural del río Grande/Bravo (RGB) desde 1901-2005, considerando registros históricos de caudal y de desviación de agua usando la ecuación de continuidad. Este estudio muestra la variación del caudal hidrológico dentro de cada año y entre años. Así mismo se determina la Huella Hídrica del RGB. Se calcularán los usos consuntivos, y la proporción que se utiliza tanto la irrigación y la precipitación.

Métodos

La metodología considera los dos objetivos principales, (1) la estimación del caudal natural, y (2) la estimación de las huellas hídricas azul y verde para la parte baja del RGB (Río Conchos al Golfo de México). Para el primer objetivo se determinó el régimen del caudal natural del RGB, desde 1901-1943, considerando los registros de escurrimiento histórico y la derivación del agua, usando la ecuación de continuidad (Figura 1)(Ecuación 1):

$$\Delta S_t = Inflows_t - Outflows_t \quad [1]$$

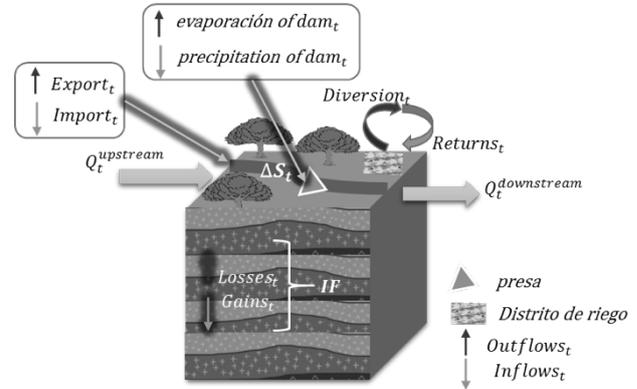


Figura 1.- Volumen de control considerando escurrimientos por cuenca propia (IF)

La primera metodología que se aplicó fue la de obtención del uso consuntivo mediante la ecuación de Thornthwaite, el cual se obtiene en función de únicamente dos parámetros, la latitud del Distrito de Riego en análisis y los registros de temperaturas para dicho Distrito de Riego. Se contaba con estos registros para los Distritos de Riego del Río Florido, Delicias y San Pedro (los cuales fueron obtenidos de estaciones meteorológicas automáticas, así como con ayuda del software ERIIC III del IMTA).

En este proyecto se utilizó el método de Thornthwaite desarrollado en 1944, basado en los registros de temperatura media mensual y la latitud de la zona de estudio, dando como resultado el uso consuntivo total mensual y se calcula mediante la Ecuación 2 (Aparicio Mijares 2004).

$$U_{jt} = 1.6K_a \left(\frac{10T_j}{I} \right)^a \quad [2]$$

Donde U_j es el uso consuntivo total en el mes dado en cm, T_j la temperatura media en el mes expresado en grados centígrados, la cual se correlacionó y se aplicó una ecuación lineal en los casos donde no se encontraron registros completos, I y a son constantes y K_a es una constante que depende de la latitud y del mes el año. Para calcular las constantes I y ij se utiliza las Ecuaciones 2 y 3. Por último la constante a se obtiene por la Ecuación 4, la cual depende completamente de la constante I .

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad [3]$$

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad [4]$$

Donde T_j es la temperatura media en el mes:

$$a = 675 \times 10^{-9} * I^3 - 771 \times 10^{-7} * I^2 + 170 \times 10^{-4} * I + 0.492 \quad [5]$$

La obtención de los caudales naturales para el Río Conchos se realizó de la siguiente manera (ecuaciones 6 a 9).

$$Q_t^{\text{Nat. Florido}} + \text{Diversions}_t^{\text{Florido}} - \text{Returns}_t^{\text{Florido}} = Q_t^{\text{Nat. blwDR103}} \quad [6]$$

$$Q_t^{\text{Nat. La Boquilla}} + \text{Diversions}_t^{\text{Delicias}} - \text{Returns}_t^{\text{Delicias}} = Q_t^{\text{Nat. blwDR005}} \quad [7]$$

Es importante mencionar que, para el Distrito de Riego de Delicias, se consideraron los valores de cambio de almacenamiento (los cuales se sumaron) y los retornos (los cuales se restaron), para obtener el valor del caudal natural en ese punto.

$$Q_t^{\text{Nat. San Pedro}} + \text{Diversions}_t^{\text{San Pedro-Chuviscar}} - \text{Returns}_t^{\text{San Pedro-Chuviscar}} = Q_t^{\text{Nat. blwSan Pedro-Chuviscar}} \quad [8]$$

La sumatoria de estos tres caudales naturales se obtuvo el caudal natural que llega a la estación de las Burras. Posteriormente se continuó con el análisis.

$$Q_t^{\text{Nat. Las Burras}} + \text{Diversions}_t^{\text{Ojinaga}} - \text{Returns}_t^{\text{Ojinaga}} = Q_t^{\text{Nat. Ojinaga JLR}} \quad [9]$$

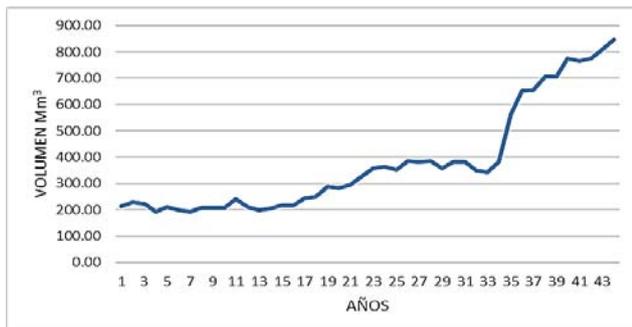
Donde $Q_t^{\text{Nat. Ojinaga JLR}}$ es el caudal natural que se determinó para este estudio. El cual posteriormente se compararía con el caudal natural obtenido por el autor Orive de Alba, para conocer los incrementales Flows (IF_t) en la confluencia de Ojinaga.

Para la obtención de la Huella Hídrica se hizo en función de los caudales naturales. Y del Software libre CROPWAT de la FAO.

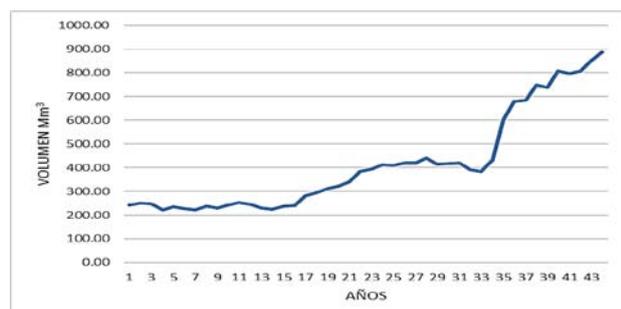
Por su parte, el agua azul es el resultado de sustraer el escurrimiento natural al escurrimiento medido.

Resultados

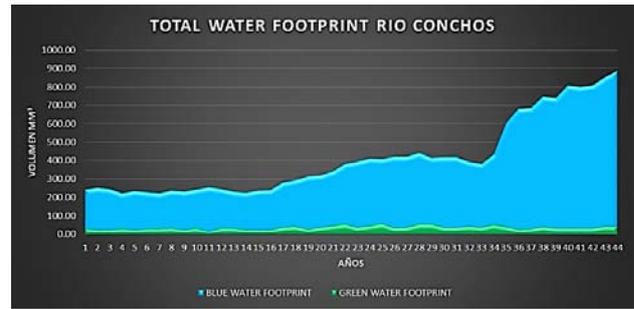
Con la aplicación de la metodología antes descrita, se obtuvo en primera instancia los valores de Huella Hídrica azul (Grafica 1), Huella Hídrica Azul más verde (Grafica 2) y con una diferencia se obtuvo la Huella Hídrica Verde (Grafica 3). Para el periodo comprendido de 1900-1943.



Grafica 1.- Obtención de Volúmenes de HH azul.



Grafica 2.- Obtención de Volúmenes de HH azul + verde.



Grafica 3.- Obtención de Volúmenes Total de Huella Hídrica.

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se obtuvo los volúmenes de Huella Hídrica en la región del río Conchos que distingue las fuentes y usos de agua en la región.

Con los resultados de esta investigación se pretende hacer sugerencias en cuanto al uso de agua para uso agrícola en la Región del Río Bravo. Así mismo influir en las políticas públicas sobre el agua para una mejor administración del recurso.

La estimación de la Huella Hídrica a escala de cuenca es clave para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Esta información es de fácil comprensión y permite visualizar rápidamente el origen de la fuente de agua, comparar los cultivos más vulnerables a la disponibilidad hídrica, identificar riesgos potenciales y comprender el efecto del agua virtual en la economía. Asimismo, puede ser utilizada como punto de referencia para establecer metas de reducción o alcanzar mejores eficiencias.

Referencias

- Aparicio Mijares FJ (2004) Fundamentos de hidrología de superficie. Limusa.
- Arreguín-Cortés FI, Ochoa-Alejo LH (1997) Evaluation of Water Losses in Distribution Networks Journal of Water Resources Planning and Management 123:284-291 doi:doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(1997)123:5(284).
- Hoekstra AY, Chapagain AK, Aldaya MM, Mekonnen MM (2009) Water footprint manual State of the Art:1-131.