

➤ M.I. Guadalupe Estrada Gutiérrez, Dr. Humberto Silva Hidalgo, Dra. María de Lourdes Villalba, Dr. Fernando Astorga Bustillos, M.I. Berenice Franco Estrada
Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua / Finguach, Año 2 / Núm 4 / junio-agosto 2015

Introducción

El potencial hidrológico de la cuenca del río Conchos está integrado por las aguas superficiales y subterráneas mismas que son utilizadas para satisfacer las demandas de los diferentes usuarios. La presión hidrológica sobre el río Conchos va en aumento, esto debido a que el riego agrícola representa un 90% del uso del agua de la cuenca y al crecimiento demográfico y la industrialización.

El régimen de precipitación es principalmente de verano con precipitaciones medias anuales que varían entre 685 y 276 mm y una media de aproximadamente 413 mm. La región con mayores precipitaciones se ubica al poniente, coincidiendo con las zonas altas de la Sierra Madre Occidental, donde se registran lluvias anuales con valores estimados de 1,000 a 1,200 mm, sin embargo más del 80% de la superficie tiene valores menores a 500 mm; una porción importante con precipitación media anual de 275 a 350 mm que corresponden a la parte baja de la cuenca.

Tasa de variación de sedimentos en las principales presas del río Conchos, Chihuahua, México

A lo largo de la cuenca del río Conchos, los escurrimientos superficiales en la cuenca son represados principalmente por las presas La Boquilla, Francisco I. Madero y Luis L. León, las cuales, de una u otra forma se han visto afectadas por la sedimentación y por consiguiente ha provocado la disminución de su capacidad útil.

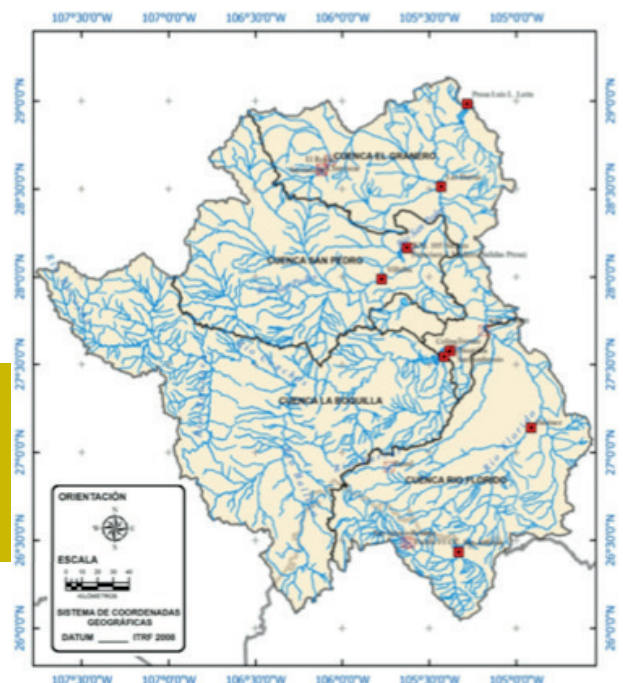
Descripción del área de estudio

De los sistemas exorreicos más importantes de la Región Hidrológica 24, la cual se encuentra enclavada parcialmente en el estado de Chihuahua, está representada por el río Conchos, con una superficie de drenaje hasta la presa Luis L. León de aproximadamente 64 000 km² y representa alrededor del 14% del área total de la cuenca del río Bravo y el 30% de la superficie del estado de Chihuahua (INEGI, 2003). Abastece a tres distritos de riego, siendo el más grande el Distrito de Riego 005, en Delicias, que cubre 90, 589 hectáreas y agrupa a 12, 503 usuarios.

Nace en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental, en la región conocida como Sierra Tarahumara (Figura 1), cruza las amplias llanuras del desierto chihuahuense y finalmente se incorpora al río Bravo en la zona fronteriza de Ojinaga. Su recorrido tiene una longitud de 749 km, y fluye principalmente en dirección este-noreste. La Sierra, hacia el occidente, muestra pendientes pronunciadas, mientras que hacia el oriente tiene un descenso gradual hasta las regiones de la meseta central.

Debido a la irregularidad de la precipitación anual que se presenta en la cuenca, el embalse presenta un comportamiento típico de zonas áridas del país, con periodos importantes de bajo almacenamiento. El cambio en la vegetación está teniendo repercusiones negativas sobre la hidrología de la cuenca del río Conchos ya que, según Keese *et al.* (2005), áreas cubiertas con pastos tienen mayor valor de recarga de agua subterránea que las áreas cubiertas por plantas leñosas.

Figura 1. Cuenca hidrológica del río Conchos hasta la presa Luis L. León.



En los últimos años se han dado importantes cambios en la vegetación de las cuencas en estudio. De acuerdo con la información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2001) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2000), el río Conchos presenta un cambio temporal importante en la cubierta vegetal provocado tanto por fenómenos naturales como la sequía así como por efectos antropogénicos (agricultura, tala clandestina, asentamientos humanos); la Tabla 1 muestra los cambios que se presentaron durante el periodo 1976-2000.

Estos cambios incluyen, entre otros, la erosión, el aumento de la cobertura de las zonas con matorrales a expensas de zonas con pastizales y la creciente presencia de especies invasoras y exóticas. Se estima que en el último siglo, 85% de los pastizales del desierto chihuahuense han sido invadidos por arbustos (Abellet al, 2002; Escobar, 2008). Dichos cambios impactan en la erosión de suelo y por consiguiente en la cantidad de sedimentos hacia los embalses.

Descripción del fenómeno

Al construir una presa en una sección transversal de un río, se genera una disminución de la velocidad del agua provocando que los sedimentos que lleva el río tanto en suspensión como arrastrados (caudal sólido) sean depositados en el embalse de acuerdo al siguiente mecanismo: el material grueso será el primero en depositarse, el sedimento fino continúa en suspensión y es arrastrado hacia la parte más profunda del embalse donde finalmente y de acuerdo a las características fisicoquímicas del sedimento y gradientes térmicos del agua, se precipita y deposita (García, 1993a).

USO DE SUELO Cuenca río Conchos hasta presa Luis L. León	Condición 1976 Área Total		Condición 2000 Área Total	
	Km ²	%	Km ²	%
Bosques	10198.206	49.35	4172.786	20.19
Matorral	385.478	1.87	303.419	1.47
Bosques Secundarios	1159.157	5.61	6450.044	31.21
Matorral Secundario	1089.103	5.27	963.899	4.66
Pastizales Naturales	6307.686	30.52	4980.632	24.10
Pastizales Inducidos y/o Cultivados	626.415	3.03	2092.703	10.13
Cultivos	867.942	4.20	1529.763	7.40
Otras Coberturas y usos	31.366	0.15	173.231	0.17

Tabla 1. Cambio en la cubierta vegetal en la cuenca del río Conchos durante el periodo 1976-2000.

Métodos de cálculo del aporte de sedimentos

Dependiendo de la información disponible, se pueden emplear diferentes métodos para determinar la cantidad de sedimentos que entran al embalse, tales como: aforo del transporte de sedimentos en la corriente de entrada (caudal sólido), medición directa de sedimentos depositados en el embalse (batimetría) y empleo de modelos de predicción. Para tal fin, se contó con las diferentes batimetrías de las presas en estudio, proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Gerencia Chihuahua.

Presa Boquilla

Actualmente cuenta con 98 años de operación y su uso principal es riego, según la batimetría más reciente su capacidad útil es de 2, 771.58 mm³. Tiene una superficie de drenaje aproximada de 21,000 km² siendo la presa más grande del estado de Chihuahua. La pendiente media de la cuenca La Boquilla, desde su origen hasta la presa, es de aproximadamente 13%, lo que clasifica a la cuenca como de respuesta rápida al escurrimiento, con una importante capacidad erosiva. De acuerdo a Saavedra (2001), la cuenca se clasifica como de pendiente "accidentada media" a "accidentada", con pendientes que varían de 16.63% hasta un 4.47%.

Presa Francisco I. Madero

A partir de 1949 año en que inicio operación, su capacidad de almacenamiento se ha visto fuertemente afectada por la sedimentación, motivo por el cual, en el año 2007 fue necesario incrementar la altura de entrada del agua a la obra de toma, de una elevación de 1,210.75 msnm a 1,216.10 msnm. Con el fin de recuperar la capacidad útil del embalse, se incrementó en 1.80 m la altura de cresta de los vertedores de demasías. Según la batimetría de 2004, la presa cuenta con una capacidad útil de 347.935 mm³ y una superficie de drenaje aproximada de 10,200 km². La fisiográfica en términos generales, la conforman estructuras orográficas en las que sobresalen: hacia la parte alta sierras, en la parte media lomeríos y en la parte baja llanuras (INEGI, 2001). Estas estructuras, aunado al tipo de rocas resistentes y de suelos permeables, así como las condiciones climáticas y una red de drenaje de 0.8 km/km², clasifican a la cuenca como moderadamente drenada. La pendiente en la cuenca río San Pedro-presa Francisco I. Madero igual a 11.37% se puede considerar como una subcuenca con terreno "accidentado medio" o "accidentado", debido al importante rango de altitud que presenta, lo que influye en escurrimientos importantes a moderados, esto aunado a la escasa vegetación que puede provocar el incremento en el arrastre de sedimentos hacia el vaso de la presa.

Presa Luis L. León

Construida de 1965 a 1968 (CONAGUA, 2009), con el propósito principal de control de avenidas y riego además de otros usos secundarios. Cuenta con una superficie de drenaje aproximada a los 23, 529 km², está clasificada como cuenca intermedia ya que los escurrimientos del río Conchos son represados aguas arriba por los embalses de presas grandes (La Boquilla y Francisco I. Madero) y por presas de menor magnitud (Chihuahua, Rejón, Pico de Águila, Parral, además de otras mas pequeñas). Es drenada por corrientes de tipo intermitente y perenne, tiene una ocurrencia de precipitación media anual de 337.88 mm con régimen de verano y una pendiente media aproximada de 6% lo que clasifica a la cuenca como de respuesta lenta al escurrimiento, con capacidad de infiltración y baja producción de sedimentos.

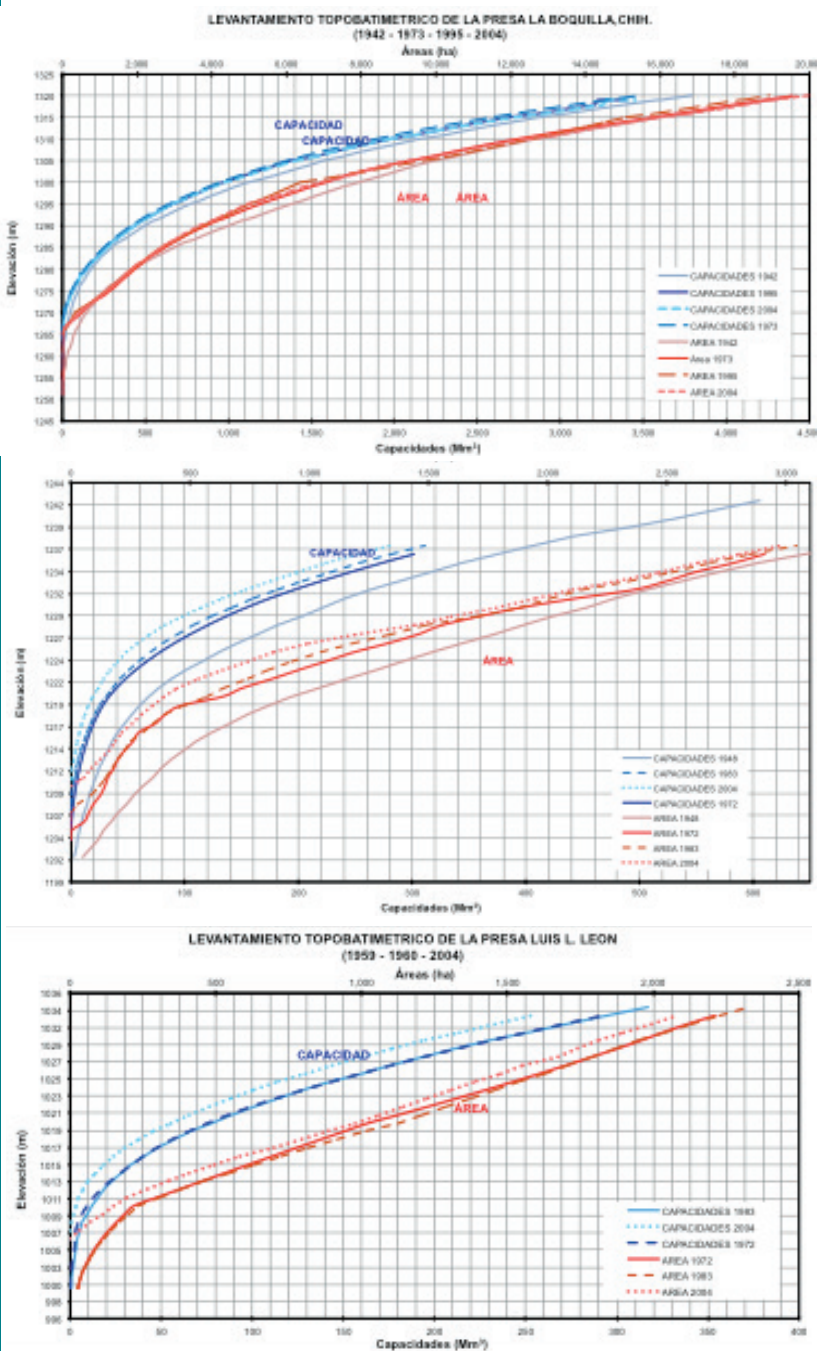


Figura 2. Levantamientos topobatimétricos de los vasos de las presas en estudio. Fuente: CONAGUA, Gerencia Chihuahua.

- Francisco I. Madero: 145.055 mm³ correspondiendo al 29.61% de su capacidad y una pérdida promedio de 253.98 m³/km²-año, en el periodo 1948-2004.
- Luis L. León: a partir del análisis efectuado desde el inicio de operaciones (1968) y la última batimetría, el volumen azolvado durante este periodo fue de 40.189 mm³, equivalente al 12.08% de su capacidad lo que representa una pérdida promedio de 47.445 m³/km²-año.

Los resultados obtenidos, aun cuando la precipitación media anual en las diferentes cuencas varía entre 327.07 mm y 479.83 mm, muestran claramente la situación respecto a la ubicación de cada una de las cuencas de los embalses y su producción de sedimentos. Los valores de la tasa de pérdida de suelo estimados para las presas La Boquilla y Francisco I. Madero son consistentes con los reportados en la literatura técnica y científica para cuencas de ese tamaño, como se puede observar en la Tabla 2 (García, 1993b). Respecto a la presas Luis L. León al ser cuenca intermedia que cuenta aguas arriba con uno o mas embalses que frenan los sedimentos hacia estos, muestra una tasa sensiblemente inferior con respecto a las cuencas de cabecera de los otros dos embalses.

Tamaños de cuencas (Km ²)	Tamaños de cuencas (Km ²)
< 25.9	< 25.9
25.9 a 259.0	25.9 a 259.0
259.0 a 2590.0	259.0 a 2590.0
> 2590.0	> 2590.0

Tabla 2. Aporte de sedimentos según área de la cuenca

REFERENCIAS

- Abell, R.A., Olson, D., Dinerstein, E., Hurley, P.T., et al. *Freshwater Ecoregions of North America: A Conservation Assessment*, World Wildlife Fund, Island Press. 12 No. 2, 2002.
- Scanlon, B.R., Kelley E. Keese, K.E., Flint, A.L., Flint, L.E., Cheikh B. Gaye, C.B., W. Michael Edmunds, W.M., and Ian Simmers, I. *Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions*. Hydrological Process. 20. 2006, 3335–3370 pp. Published online in WileyInterScience. [Rev. 18 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.beg.utexas.edu/staffinfo/pdf/Scanlon%20HP%2006%20Recharge.pdf>
- CONAGUA, *Memoria descriptiva de la presa Luis L. León*. Grandes Presas de México, Vol. III. Modificación 2009.
- Escobar, E., Maass, M. et al. *Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas. Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad*. Vol. I. CONABIO, México. 2008.
- García, S. J. *Sedimentación en embalses*. Capítulo 18 del Manual de Ingeniería de Ríos. Comisión Nacional del Agua, 1993a.
- García, S. J. *Pérdida de suelo en cuencas*. Capítulo 17 Manual de Ingeniería de Ríos. Comisión Nacional del Agua, 1993b.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos*. Continuo Nacional. Escala 1:1'000.000. Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags. México. 2001.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Síntesis de información Geográfica del estado de Chihuahua*. Aguascalientes: INEGI, 2003.
- Keese, K. E., Scanlon, B.R. Y Reedy, R.C. *Assessing Controls on Diffuse Groundwater Recharge Using Unsaturated Flow Modeling*. Water Resources Research 41, 2005.
- Saavedra, J., *Planificación ambiental de los recursos forestales en la región de la Araucanía, Chile. Definición de las unidades homogéneas de gestión*. Tesis Doctoral. Madrid:UPM, 2001.
- SEMARNAT, *Shape de Uso de Suelo y Cubierta Vegetal*, escala 1:250,000, 2000.

Conclusiones

Al no disponer de estudios del comportamiento de los sedimentos en los embalse ni de la medición de erosión en la cuenca, la producción de sedimentos se realizó mediante el análisis del comportamiento topobatimétrico mas reciente en los vasos (Figura 2), así como con el análisis del levantamiento topográfico de los vasos previo a la construcción de las presas. La pérdida de capacidad de almacenamiento medida con respecto al Nivel de Aguas Máximo Ordinario (NAMO) fue:

- Presa Boquilla: 317.445 mm³ equivalente al 9.88% de su capacidad útil, con una pérdida promedio de 260.345 m³/km²-año, periodo de análisis 1942-2004.