

# MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA ESTIMACIÓN DE FLUJOS DE RETORNO AGRÍCOLA EN CUENCA HIDROLÓGICAS

Humberto Silva-Hidalgo\*,\*\*\*, Ignacio R. Martín-Domínguez\*, María Teresa Alarcón-Herrera\* y Alfredo Granados-Olivas\*\*

\*Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

humberto.silva@cimav.edu.mx, ignacio.martin@cimav.edu.mx, teresa.alarcon@cimav.edu.mx

\*\*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, agranados@uacj.mx

\*\*\*Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua, hsilva@chihuahua.gob.mx



## INTRODUCCIÓN

La correcta determinación de los escurrimientos naturales (EN) en una cuenca hidrológica, es de gran utilidad para definir mecanismos de control que permitan aprovechar el recurso hídrico de forma sustentable. Un procedimiento para obtener los EN en cuencas aforadas consiste en remover de las series de tiempo de hidrometría, los efectos de la actividad humana que utilizó el agua, incluyendo extracciones, flujos de retorno y el efecto de almacenamiento en presas (Wurbs, 2005). Generalmente, la agricultura es el principal sector que demanda agua en una cuenca, sin embargo, frecuentemente se carece de mediciones del volumen que retorna al escurrimiento superficial después de su uso en esta actividad. Así, es una práctica común adoptar valores típicos reportados en la literatura, de entre un rango de 20% a 50% del volumen que se emplea para irrigación (Yoshitani & Tianqi, 2007; Jothiprakash, 2003). Esto introduce una incertidumbre severa en la determinación de los EN.

## OBJETIVO

Proponer un método alternativo para estimación de los fujos de retorno agrícola en cuencas hidrológicas.

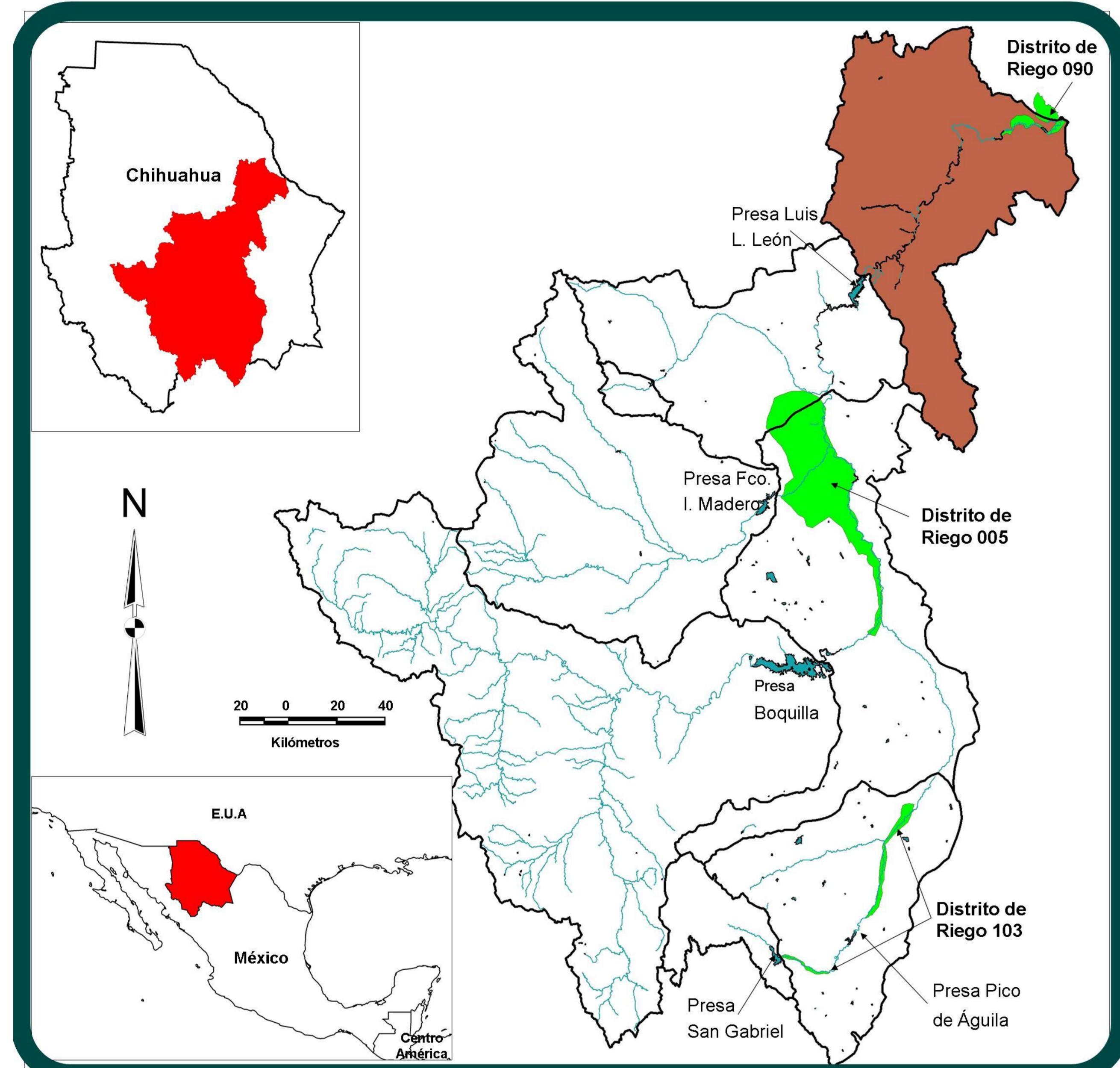


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Escurrimientos naturales sin considerar flujos de retorno.

El escurrimiento natural medio anual estimado sin considerar retorno de riego fue 147.27 Mm<sup>3</sup>. La mayor demanda de agua para irrigación ocurre durante los meses de estiaje, parte de este volumen de agua retorna al río, lo que se manifiesta como una deformación en el hidrograma anual de escurrimiento natural medio mensual durante los meses de estiaje, mostrándose como un incremento en el escurrimiento natural en ausencia de precipitaciones.

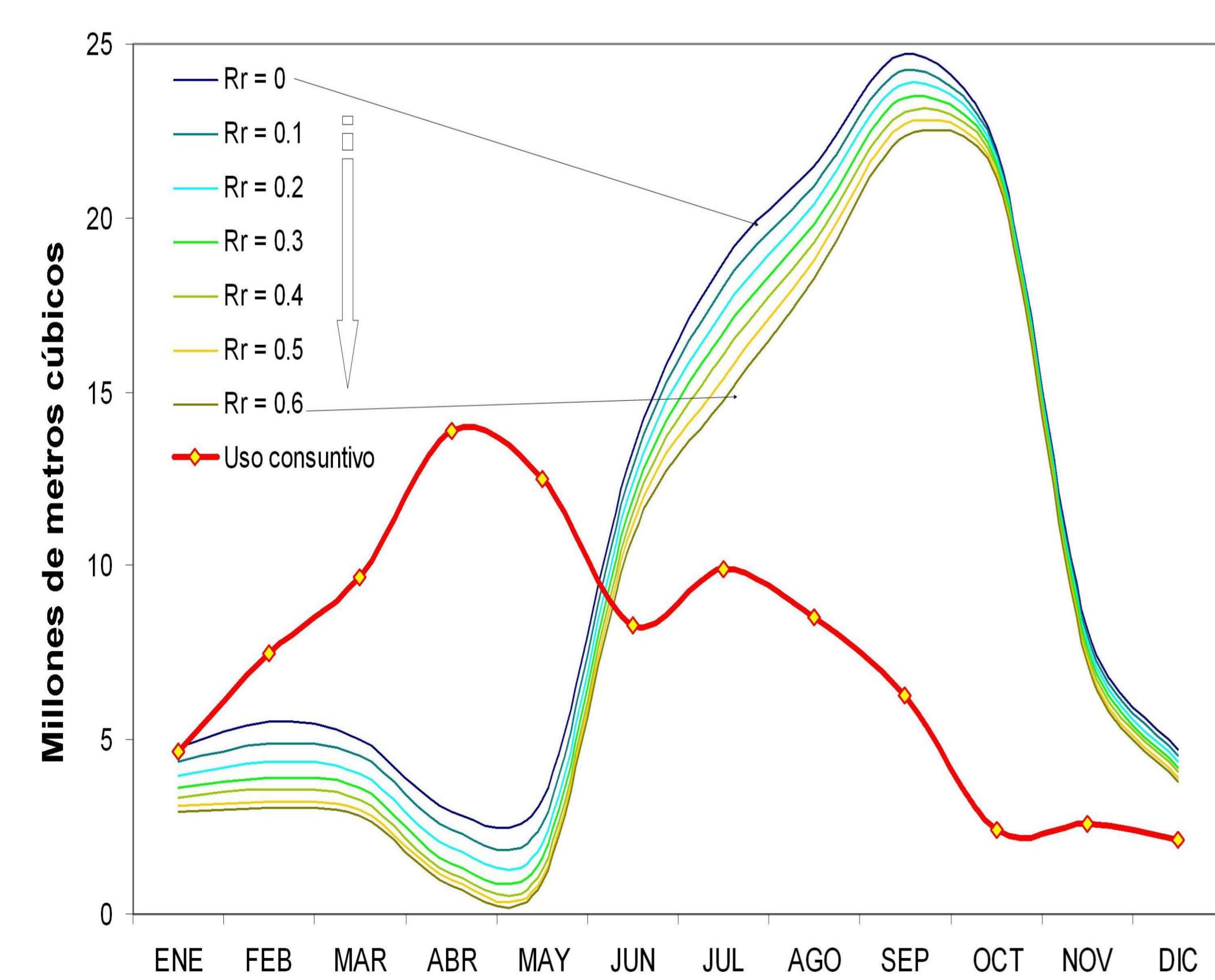


Figura 2. Escurrimiento natural (incluyendo flujos de retorno de irrigación) y uso consumutivo medio mensual de 1982 al año 2002.

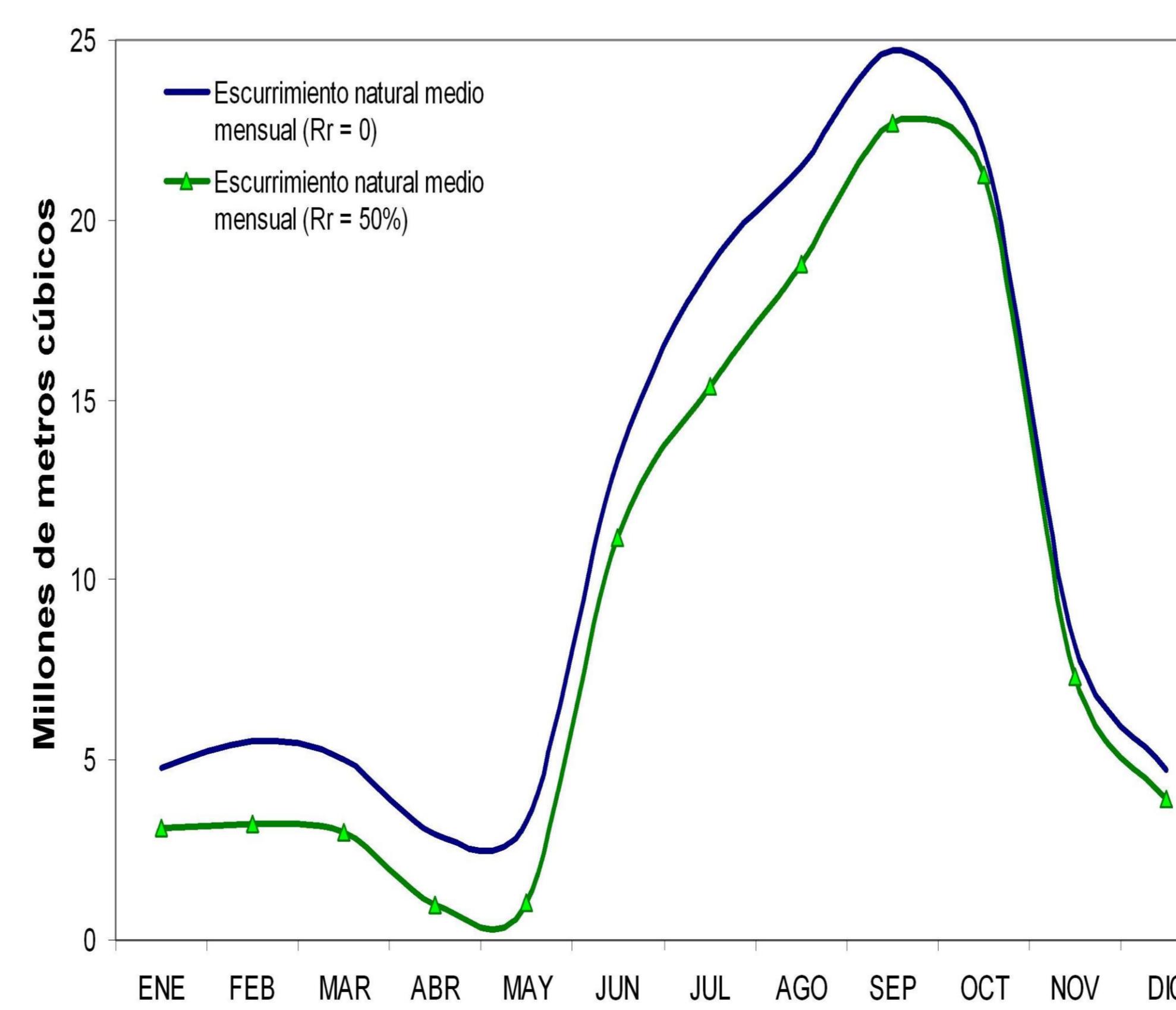


Figura 3. Escurrimiento natural (considerando 50 % y 0 % de retorno de irrigación) y uso consumutivo medio mensual de 1982 al año 2002.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para el Distrito de Riego 090 muestran que el método propuesto produce porcentajes de retorno de irrigación consistentes con los valores reportados en la literatura, reduciendo la incertidumbre en la estimación de los flujos de retorno.

## REFERENCIAS:

Comisión Nacional del Agua (CNA), (1997), Programa Hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua, Contrato: SGC-GRN-CHIH-96-82A, México. D. F.

Comisión Nacional del Agua – Organismo de Cuenca Río Bravo (CNA-OCRB), (2006), Estudio de disponibilidad de agua superficial de la Cuenca del Río Bravo, Base de datos estadísticos de aprovechamiento de agua superficial en la Cuenca del Río Bravo, México, D.F.

Jothiprakash, V., (2003), Water Balance Model to Assess the Water Loss/Gain in a River System, IE(I)Journal-CV (84): http://www.ieindia.org/publish/cv/1103/nov03cv08.pdf. Cited 4 May 2007.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2002), NOM-011-CNA-2000 Conservación del Recurso Agua - Que establece las especificaciones y el Método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Diario Oficial de la Federación, miércoles 17 de abril, pp. 2-18 (Primera Sección), México D. F.

Wurbs, R. (2005), Texas Water Availability Modeling system, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 131(4): 270-279.

Yoshitani, J. and Tianqi, A., (2007), Development of natural flow hydrological database for PUB studies (Proceedings of the Kick-off meeting held in Brasilia 20-22 November 2002), IAHS Publ. 309, 2007: 201-207.

# **Método alternativo para la estimación de flujos de retorno agrícola en cuencas hidrológicas.**

Humberto Silva Hidalgo\*, Ignacio R. Martín Domínguez\*, Ma. Teresa Alarcón Herrera\*,  
Alfredo Granados Olivas\*\*

\*Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Miguel de Cervantes 120,  
Complejo Industrial Chihuahua, 31109 Chihuahua, Chih., México.

\*\*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ave. del Charro 450 Nte.  
32310 Ciudad Juárez, Chih. México

humberto.silva@cimav.edu.mx, ignacio.martin@cimav.edu.mx

## **I. INTRODUCCIÓN**

La correcta determinación de los escurrimientos naturales en una cuenca hidrológica, es de gran utilidad para definir mecanismos de control que permitan aprovechar el recurso hídrico de forma sustentable. Un procedimiento para obtener los escurrimientos naturales en cuencas aforadas consiste en remover de las series de tiempo de hidrometría, los efectos de la actividad humana que utilizó el agua, incluyendo extracciones, flujos de retorno, el efecto de almacenamiento en presas, así como de la evaporación (Wurbs, 2005).

Generalmente, la agricultura es el principal sector que demanda agua en una cuenca, sin embargo, frecuentemente se carece de mediciones del volumen que retorna al escurrimiento superficial de la cuenca después de su uso en esta actividad. Así, es una práctica común adoptar valores típicos reportados en la literatura, de entre un rango de 20% a 50% del volumen que se emplea para irrigación (Yoshitani & Tianqi, 2007; Jothiprakash, 2003). Esto introduce una incertidumbre severa en la determinación de los escurrimientos naturales.

El objetivo de este trabajo es el plantear un método alternativo para la estimación del flujo de retorno agrícola en cuencas.

### **I.1 Zona de estudio**

La zona de estudio con una extensión de 13,621 km<sup>2</sup> (CNA, 1997) se ubica en la porción noreste del Estado de Chihuahua, México, desde la Presa Luis L. León hasta la estación hidrométrica localizada próxima a Ojinaga. El volumen medio anual de agua superficial que se utilizó en esta cuenca, se estimó en 88.38 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) de 1964 al año 2000 (CNA-OCRB, 2006).

## **III. DETERMINACIÓN DE ESCURRIMIENTO NATURAL:**

El escurrimiento natural (C<sub>p</sub>) en cuencas aforadas se determina a través de la siguiente expresión ecuación (SEMARNAT, 2002):

$$C_p = V_2 + E_{xb} + E_v - V_1 + E_x - I_m - R + \Delta V$$

En donde, V<sub>1</sub> es el volumen anual aforado desde la cuenca aguas arriba, V<sub>2</sub> es el volumen anual aforado de la cuenca hacia aguas abajo, E<sub>xb</sub> es el volumen anual de extracción de agua superficial, E<sub>v</sub> es la evaporación anual, E<sub>x</sub> es el volumen anual de exportaciones, I<sub>m</sub> es el volumen anual de importaciones, R

el volumen anual de retornos y  $\Delta V$  es el cambio en el almacenamiento. Esta ecuación se deriva de la ecuación de conservación de masa y también es aplicable a la escala de tiempo mensual.

#### **IV. MÉTODO QUE SE PROPONE:**

El método consiste en determinar el hidrograma anual de escurrimiento natural medio mensual a partir de los registros históricos disponibles de hidrometría y la ecuación de la conservación de masa, sin considerar inicialmente flujos de retorno de irrigación. Si se observan incrementos en los escurrimientos naturales, durante los meses de estiaje, solo pueden deberse a flujos de retorno. Esto constituye una anomalía con respecto al hidrograma teórico, y se presenta durante los meses de estiaje con mayor demanda de agua para irrigación (marzo a junio en la cuenca del Río Conchos). La anomalía puede ser corregida proponiendo valores del retorno de riego (como un porcentaje de volumen usado en riego) hasta que se elimine la deformación en el hidrograma, de esta manera es posible estimar el porcentaje de flujo de retorno de irrigación.

#### **V. RESULTADOS**

##### ***V.I Escurrimientos naturales sin considerar flujos de retorno***

El escurrimiento natural medio anual estimado sin considerar retorno de riego fue  $147.27 \text{ Mm}^3$ . La mayor demanda de agua para irrigación ocurre durante los meses de estiaje, parte de este volumen de agua retorna al río, lo que se manifiesta como una deformación en el hidrograma anual de escurrimiento natural medio mensual durante los meses de estiaje, mostrándose como un incremento en el escurrimiento natural en ausencia de precipitaciones. Durante estos meses, el escurrimiento natural o flujo base es mínimo, mientras que la demanda de agua para irrigación es alta, consecuentemente, la presencia del exceso de agua regresando al río de la cuenca es también más evidente.

##### ***V.2. Escurrimientos naturales empleando el método propuesto.***

El escurrimiento natural medio mensual para el periodo de análisis fue recalculado considerando porcentajes de retorno de irrigación de entre 10% a 60%, con incrementos de 10 puntos porcentuales. A partir de un porcentaje de retorno de 50% de volumen empleado para irrigación, el hidrograma de escurrimientos naturales deja de presentar deformación durante los meses de estiaje. Este porcentaje es razonable, considerando que en muchos de los años del periodo de análisis se extrajo de la presa Luis L. León un volumen superior al que podría ser empleado por la superficie de cultivo establecida (CNA, 1997). El escurrimiento natural medio anual estimado, incluyendo un flujo de retorno del 50% del volumen usado en la actividad agrícola, fue de  $124.7 \text{ Mm}^3$ .

#### **VI. CONCLUSIONES:**

Los resultados obtenidos para el Distrito de Riego 090 muestran que el método propuesto produce porcentajes de retorno de irrigación consistentes con los valores reportados en la literatura, reduciendo la incertidumbre en la estimación de los flujos de retorno.

## **REFERENCIAS:**

- Comisión Nacional del Agua (CNA), (1997), Programa Hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua, Contrato: SGC-GRN-CHIH-96-82A, México. D. F.
- Comisión Nacional del Agua – Organismo de Cuenca Río Bravo (CNA-OCRB), (2006), Estudio de disponibilidad de agua superficial de la Cuenca del Río Bravo, Base de datos estadísticos de aprovechamiento de agua superficial en la Cuenca del Río Bravo, México, D.F.
- Jothiprakash, V., (2003), Water Balance Model to Assess the Water Loss/Gain in a River System, IE(I)Journal-CV (84):  
<http://www.ieindia.org/publish/cv/1103/nov03cv08.pdf>. Cited 4 May 2007.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2002), NOM-011-CNA-2000 Conservación del Recurso Agua - Que establece las especificaciones y el Método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Diario Oficial de la Federación, miércoles 17 de abril, pp. 2-18 (Primera Sección), México D. F.
- Wurbs, R. (2005), Texas Water Availability Modeling system, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 131(4): 270-279.
- Yoshitani, J. and Tianqi, A., (2007), Development of natural flow hydrological database for PUB studies (Proceedings of the Kick-off meeting held in Brasilia 20-22 November 2002), IAHS Publi. 309, 2007: 201-207.